

---

Universität Zürich  
Zentrum für Zahnmedizin  
Klinik für Zahn-, Mund-, Kieferkrankheiten und Kieferchirurgie  
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. K. W. Grätz

---

Arbeit unter Leitung von Dr. med. Dr. med. dent. M. Locher

**Die Kieferhöhle im DVT:**  
**Ergebnisse von Knochendickenmessungen in Bezug auf Alter und Geschlecht**

Eine retrospektive Studie

**INAUGURAL-DISSERTATION**  
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von  
Anja Steingruber  
von Schönengrund AR

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Dr. med. dent. K. W. Grätz  
Zürich 2011

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>8</b>
3.1	Röntgensystem und Software.....	8
3.2	Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden .....	10
3.3	Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris .....	11
3.4	Relation der Zahnwurzeln zum Sinusboden.....	12
3.5	Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des .....	
	Sinus maxillaris .....	12
3.6	Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus .....	13
3.7	Statistische Analysen .....	14
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>17</b>
4.1	Geschlechts- und Altersverteilung .....	17
4.2	Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden .....	18
4.3	Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris .....	19
4.4	Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden .....	21
4.5	Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des .....	
	Sinus maxillaris .....	21
4.6	Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus .....	24
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>29</b>
5.1	Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden .....	29
5.2	Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris .....	30
5.3	Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des .....	
	Sinus maxillaris .....	32
5.4	Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus .....	38
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>42</b>

<b>7</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>46</b>
8.1	Alters- und Geschlechtsverteilung .....	46
8.2	Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden .....	46
8.2.1	Deskriptive Statistik.....	46
8.2.2	Relative und Absolute Häufigkeiten.....	46
8.2.3	Zusammenhang Lokalisation des KH-Bodens und Geschlecht (2-Stichproben T-Test) .....	48
8.2.4	Zusammenhang Alter und Lokalisation Nasenhöhlenboden (Korrelation nach Spearman) .....	48
8.2.5	Zusammenhänge von Lokalisation des Nasenbodens mit dem Alter und dem Geschlecht zusammen (Zweifach lineare Regression) .....	48
8.3	Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris .....	49
8.3.1	Relative und Absolute Häufigkeiten, rechter Sinus maxillaris .....	49
8.3.2	Relative und Absolute Häufigkeiten, linker Sinus maxillaris .....	49
8.4	Relation der Zahnwurzeln zum Sinusboden.....	50
8.4.1	Relative und Absolute Häufigkeiten.....	50
8.4.2	Relative Häufigkeiten – Tabelle für Vergleich mit anderen Studien.....	51
8.4.3	Zusammenhang der Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden und zum Geschlecht?.....	51
8.4.4	Zusammenhang der Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden und Alter ..	52
8.5	Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris .....	53
8.5.1	Deskriptive Statistik – Distanz Zahnapex zum Sinusboden .....	53
8.5.2	Zusammenhang von Distanz Zahnapex – Sinusboden und Geschlecht .....	54
8.5.3	Zusammenhang von Distanz Zahnapex – Sinusboden und Alter .....	55
8.6	Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus .....	56
8.6.1	Deskriptive Statistik.....	56
8.6.2	Beschreibung des Knochenverlaufs .....	57
8.6.3	Beschreibung des Knochenverlaufs im Zusammenhang mit Geschlecht und Alter.....	62
<b>9</b>	<b>Curriculum vitae.....</b>	<b>64</b>

## 1 Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive Studie untersucht anhand von 50 DVT-Datensätzen von Patienten der Poliklinik für Orale Chirurgie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten und Kieferchirurgie im Zentrum für Zahnmedizin (ZZM) die Lagebeziehung des Bodens des Sinus maxillaris zum Nasenhöhlenboden, die anteriore Begrenzung der Kieferhöhle und die Knochendicke um die Oberkieferzähne ausser den Sapientes.

Am häufigsten befand sich der Boden des Sinus maxillaris kaudal des Nasenhöhlenbodens. Die Distanz zwischen Kieferhöhlenboden und Nasenhöhlenboden lag im Mittel bei 5.7 mm rechts und 6.5 mm links. Dieser Wert war in den verschiedenen Altersgruppen und zwischen den beiden Geschlechtern konstant. Die Kieferhöhle reichte anterior meist bis zum 1. Prämolaren, wobei sie in einem Fall sogar bis zum 2. Inzisiven reichte.

Kranial des Dens Molaris II bei der mesiobukkalen Wurzel befand sich mit 0.45 mm im Durchschnitt die kürzeste Distanz zwischen Wurzelapex und Sinusboden. Der grösste Abstand befand sich kranial der bukkalen Wurzel des 1. Prämolars mit durchschnittlich 7.5 mm. Es gab keine signifikanten Hinweise auf Veränderungen mit steigendem Alter oder einer Abhängigkeit vom Geschlecht.

Mit 40.5 % fand man die mesiobukcale Wurzel des 2. Molaren am häufigsten innerhalb der Kieferhöhle. Beim Dens Prämolaris II nahm die Wahrscheinlichkeit einer Wurzel in der Kieferhöhle bereits auf 12.2 % ab und sank beim Dens Prämolaris I noch weiter auf bukkal 2.9 und palatinal auf 1.9 % ab. Eine Abhängigkeit von Alter und Geschlecht bestand nicht.

Im Frontzahnbereich betrugen die horizontalen Knochendicken bukkal im Durchschnitt zwischen 0.6 und 0.8 mm und palatinal zwischen 2.8 und 3.4 mm. Das Knochenangebot im Seitenzahnbereich reichte bukkal von 0.7 mm beim Dens Prämolaris I bis zu 2.1 mm beim Dens Molaris II und palatinal von 1.1 mm bis 2.5 mm. Auf der palatinalen Zahnseite zeigte sich immer ein zunehmender Knochenverlauf bei allen Zähnen, d. h. die Knochendicke stieg kontinuierlich vom Beginn des Knochens auf Zahnhöhe bis zum Wurzelende an. Das Phänomen war allerdings beim 2. Prämolaren und den Molaren nicht mehr so ausgeprägt wie im Frontzahnbereich. Zwar nahm das Knochenangebot stetig zu, allerdings nicht mehr kontinuierlich. Bukkal verlief der Knochen ebenfalls nicht überall gleich. Bukkal der Frontzähne nahm immer zuerst das Knochenangebot zu, dann leicht ab und verbreiterte sich zur Wurzelspitze noch einmal. Im Seiten-

zahnbereich war dieses Phänomen bukkal nicht ganz so stark ausgeprägt. Männer wiesen palatinal im Frontzahnbereich mehr Knochen auf als Frauen. Im Seitenzahnbereich gab es keine Geschlechtsunterschiede. Im Frontzahnbereich blieb der Knochenbestand mit dem Alter konstant. Dafür zeigte sich im Seitenzahnbereich eine signifikante Knochenabnahme mit dem Alter.

## 2 Einleitung

Das Wissen über die Beziehung zwischen Alveolarknochen, Zahnwurzeln und der Kieferhöhle ist für das Verständnis von Sinuserkrankungen, die dentale Implantologie und die orale Chirurgie grundlegend. Auch verhelfen Kenntnisse der Topographie beim Verstehen von Ausbreitungswegen von Infektionen bei endodontischen Behandlungen. Diese Studie wurde durchgeführt, um morphologische und klinische Eigenschaften des Sinus maxillaris, insbesondere seiner knöchernen Basis und der benachbarten Zähne, genauer zu untersuchen und mit bestehenden Studien zur gleichen Thematik zu vergleichen.

Bisherige Vergleichsstudien zeigten deutlich die Grenzen des OPT und die Überlegenheit des CT bei der Beurteilung topographischer Beziehungen zwischen Zahnwurzeln und Kieferhöhle (1-3). Aus diesem Grund wurden bisherige Arbeiten zur Untersuchung des Sinus maxillaris und der umgebenden Strukturen an Hand von CT-Messungen durchgeführt. Computertomogramme zeigen klare Vorteile in der genauen Darstellung von Knochen- und Weichteilfenstern. Auch diese Studie bedient sich für die Vermessung der Kieferhöhlen-Dimensionen eines dreidimensionalen bildgebenden Verfahrens, nämlich der DVT-Methode (Digitale Volumen Tomographie). Gemäss der aktuellen Literatur liegt die Strahlenbelastung eines digitalen Volumentomogramms (DVT) deutlich unter derjenigen eines Computertomogramms (CT). Mozzo et. al. verglichen die Strahlenbelastung eines DVT mit der eines CT und massen beim DVT eine bis zu sechsmal niedrigere Strahlendosis als beim CT(4). In einer vergleichbaren Studie erforschte das Team von Cohnen et al. die effektive Strahlendosis gegenüber einem dentalen CT. Gemäss ihren Messungen resultierte eine verminderte Strahlenbelastung um 80 % (5). In der Arbeit von J. Ziegler et al.(6) wie auch in derjenigen von M. Lemkamp et al.(7) wurde zudem der Vorteil der tieferen Kosten der DVT-Technik gegenüber der CT-Bildgebung genannt.

Die Ausdehnung des Sinus maxillaris ist auch wichtig für die enossale Implantologie im Oberkiefer. Dabei spielt die anteriore Lokalisation des Sinus maxillaris eine grosse Rolle in der Chirurgie, um bei Extraktionen und Implantationen die Kieferhöhle nicht zu eröffnen. In der Literatur finden sich Hinweise, dass die anteriore Ausdehnung der Kieferhöhle bis zum Eckzahn reichen kann.

Die vorliegende Arbeit soll den Abstand zwischen Wurzelapex und Sinusboden in DVT-Bildern messen und bestimmen, mit welcher Häufigkeit bestimmte Zahntypen in den Sinus hineinragen, wobei die gewonnenen Daten mit der Literatur verglichen werden. Diese Analyse ist deshalb

von Relevanz, da Zahnwurzeln, welche in den Sinus maxillaris hineinragen, einen Risikofaktor bei endodontischen Behandlungen und Extraktionen darstellen. Je näher ein Apex von einem pulpal erkrankten Zahn zum Boden des Sinus maxillaris steht, desto eher und grösser sind die Auswirkungen der Erkrankung auf das Sinusgewebe(12).

Auch fand sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Länge der Wurzelprojektion in den Sinus auf Panoramabildaufnahmen und der Häufigkeit von Perforationen nach Extraktionen (Wehrbein und Dietrich (19)). Häufige oroantrale Fisteln oder Wurzelverschiebungen in den Sinus maxillaris wurden bei Extraktionen des 1. oder 2. Molaren als mögliche Komplikationen beobachtet (Harrison (20)). Ausserdem wurde über das Auftreten des Endo-Antralen Syndroms und der Ausbreitung von pulpalen Infekten in die Kieferhöhle berichtet (Hauman et al. (18)). Eine Vergrösserung des Kieferhöhlenvolumens im Alter durch Alveolarknochenresorption wurde beschrieben (Killey(21)). Dieser Zusammenhang lässt vermuten, dass durch die im Alter auftretenden adaptiven Alveolarknochenresorptionen mehr Zahnwurzeln in die Kieferhöhle hineinragen.

Eine mögliche Pneumatisierung nach einer Extraktion erhöht die Schwierigkeiten beim Einsetzen von Implantaten in den Oberkiefer (Sharan und Madjar (1)).

Ebenfalls relevant für die Implantologie und orale Chirurgie ist die Beschreibung des Knochenverlaufs bukkal und palatinal von jedem einzelnen Zahntyp. Es wird vermutet, dass im Frontzahnbereich bukkal sehr wenig Knochen vorhanden ist, während palatinal von einem dickeren Knochen auszugehen ist (Huynh-Ba et al. 2010(22)). In der Studie von Januario et al. (23) wurde der Knochenverlauf bukkal jeweils 1, 3 und 5 mm kranial des Alveolarkamms im Frontzahnbereich beschrieben. Es wurde festgehalten, dass die meisten untersuchten bukkalen Knochenwände weniger als 1mm dick waren. Da sich die Digitale Volumen Tomographie besonders für die Darstellung von Hartgewebsstrukturen wie Knochen oder Zähnen eignet (5), werden die Messungen in der vorliegenden Studie an DVT-Bildern durchgeführt. Bernhard et al. (16) beschrieben auch bei Erwachsenen vorhandenes vertikales Knochenwachstum in der anterioren Maxilla. Hinweise auf Knochendickenveränderungen nach Abschluss des Wachstums fanden auch Wishart et al. 1995 (24) und Forsberg et al. 1991 (25). Diese Anzeichen lassen vermuten, dass sich das Knochenangebot bukkal und palatinal jedes Zahntyps mit dem Alter verändert. Aus diesem Grund werden Messungen in Relation zu Alter und Geschlecht gesetzt.

### 3 Material und Methoden

Diese retrospektive Studie basiert auf 50 DVT-Datensätzen, welche bei Untersuchungen im Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich, Abteilung Poliklinik für Orale Chirurgie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten und Kieferchirurgie, zwischen April 2008 und August 2009 erstellt wurden. Die Bilder wurden auf der Basis von folgenden Kriterien ausgewählt:

- Der Oberkiefer und der untere Teil des Sinus maxillaris ist auf allen 50 DVT-Datensätzen erkennbar.
- Zähne und Knochenregionen, welche durch Artefakte unkenntlich waren, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

#### 3.1 Röntgensystem und Software



In der Röntgenabteilung des Zentrums Zahnmedizin der Universität Zürich werden alle DVT-Untersuchungen mit einem KaVo 3D eXam Cone-Beam-Röntgensystem parallel zur Frankfurter Horizontalen erstellt. Der Hersteller gibt eine maximal erreichbare Hochkontrastauflösung von 0,125 mm an, wobei in dieser Arbeit nur Bilder mit einer Auflösung zwischen 0.25-0.4 mm verwendet wurden.

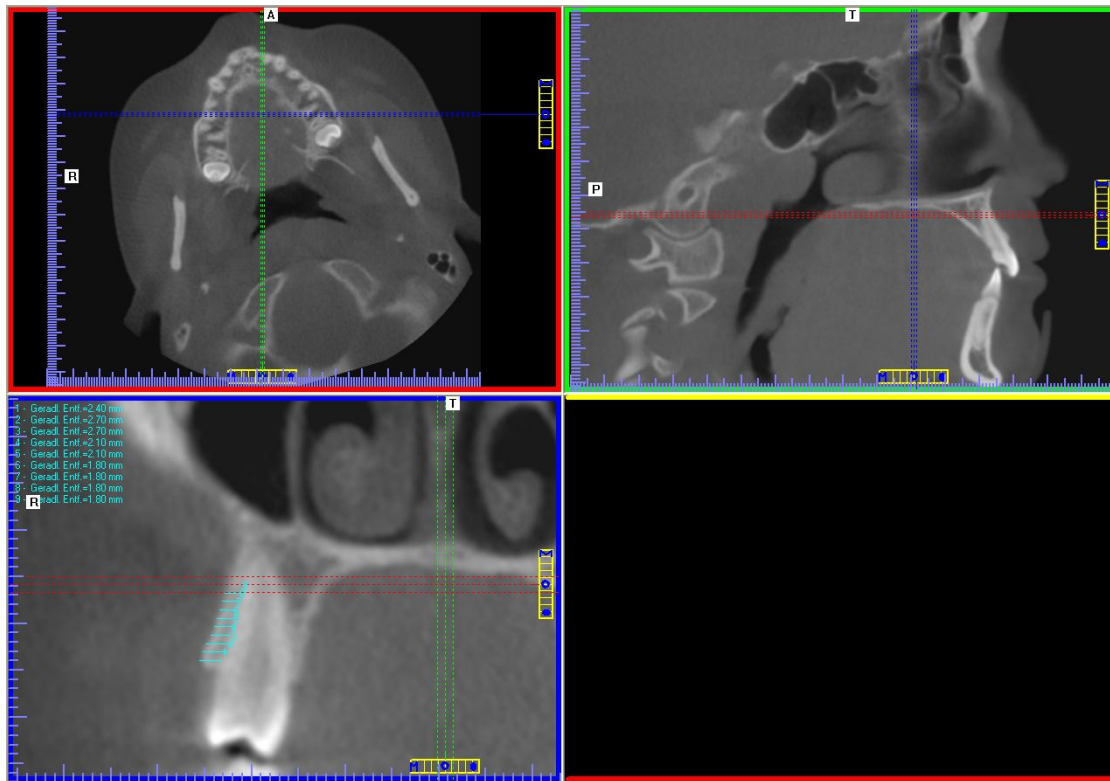
Auflösung	Anzahl Datensätze
0.25	1
0.3	43
0.4	6

**Abb. 1:** KaVo 3D eXam Cone-Beam-Röntgensystem (Quelle: Werbeprospekt der Firma Kavo Dental GmbH)

Der Aufnahmearm trägt den Strahler und den Sensor. Er dreht sich während der Aufnahme, die zwischen 8.5 und 26 Sekunden dauert, einmal 360° um den Kopf des Patienten, der während des Vorgangs auf einem motorbetriebenen Stuhl positioniert ist. Nach Anfertigung der Aufnahme können am Computer innerhalb dieses Datenzylinders drei zueinander orthogonale Untersuchungsebenen frei festgelegt und Messungen direkt am Bildschirm mit der eXam Vision



Software vorgenommen werden. Das Auswertungstool der Software bietet die Möglichkeit, Distanzmessungen in Millimetern an den dargestellten Strukturen vorzunehmen. Nebeneinander sind eine axiale, eine koronale und eine sagittale Ansicht dargestellt.

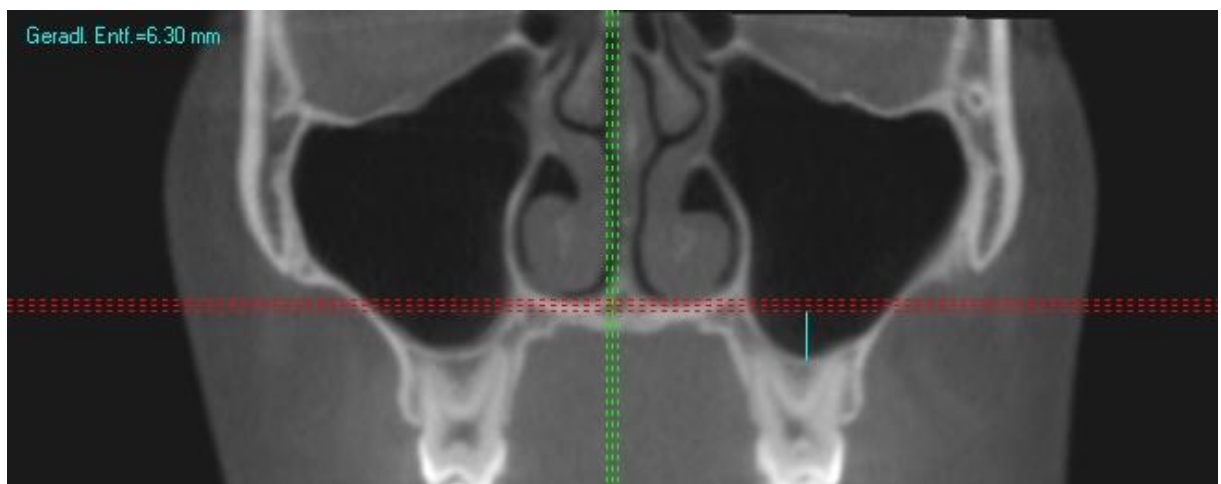


**Abb. 2:** eXam Vision Navigationsfläche in der MPR-Ansicht (Multi Planare Rekonstruktion). Oben links ist eine axiale Schicht dargestellt, oben rechts eine sagittale und unten links eine koronale. Messungen werden in blau direkt innerhalb des Schichtbilds oben links aufgelistet. Die axiale Ansicht ist aufgrund der optimalen Einstellung des koronalen Bildausschnitts leicht rotiert.

Es können maximal neun Messungen gleichzeitig gemacht werden, ab der zehnten Messung werden die ersten wieder überschrieben. Im Rahmen dieser Studie wurden aus diesem Grund die Daten direkt nach der Messung in die Datenbank FileMaker Pro 10.0v3 (FileMaker, Inc., Santa Clara, USA) eingetragen. Drei rot gestrichelte Linien geben die genaue Position koronal an, drei grüne sagittal und drei blaue transversal. Anhand dieser Hilfslinien vereinfacht sich die Orientierung in den verschiedenen Schnittbildern. Das Programm gibt einen variablen Abstand zwischen den drei Linien vor, wobei für diese Studie ein Abstand von 0.9 mm gewählt wurde. Die Software offeriert vier verschiedene Ansichten, wobei alle Messungen in dieser Studie in der MPR-Darstellung (Multi Planare Rekonstruktion) vorgenommen wurden. Werkzeuge wie ein Zoom und eine Einstellungsmöglichkeit des Kontrasts und der Helligkeit erleichtern die optimale Darstellung der zu messenden Struktur. Das System wird vom technischen Dienst des Zentrums für Zahnmedizin der Universität Zürich einmal monatlich kalibriert.

### 3.2 Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden

Für die Bestimmung der Distanz zwischen dem Kieferhöhlenboden und dem Nasenhöhlenboden wurde die Schicht mit der maximalen Ausdehnung des Sinus maxillaris nach kaudal in der frontalen Ansicht der MPR-Darstellung gesucht. Dann wurde der Schädel im digitalen Volumentomogramm so lange um seine eigene Achse rotiert, bis die Orbitahöhlen resp. die kaudale Begrenzung des os palatum durum horizontal auf einer Linie lagen. Danach wurde die rot gestrichelte Hilfsgerade parallel bis auf Höhe des Nasenhöhlenbodens verschoben. Von dieser Geraden wurde nun eine senkrechte Linie zum kaudalsten Punkt des rechten und linken Bodens des Sinus Maxillaris gezogen und damit die gesuchte Distanz festgelegt.



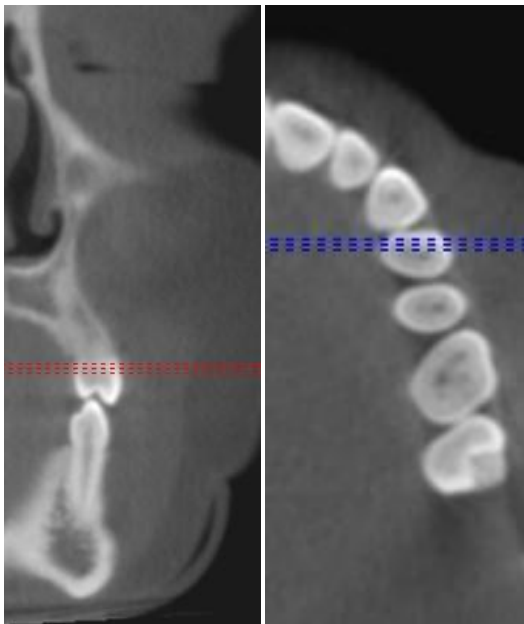
**Abb. 3:** Aufnahme zur Messung der Distanz zwischen Nasenhöhlen- und Kieferhöhlenboden mit dem eXam Vision Programm

Befand sich die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris kranial des Bodens des Cavum nasi wurde der gemessene Wert mit einem negativen Vorzeichen angegeben. Auf diese Art und Weise liessen sich bei der Auswertung der Resultate drei Gruppen bilden:

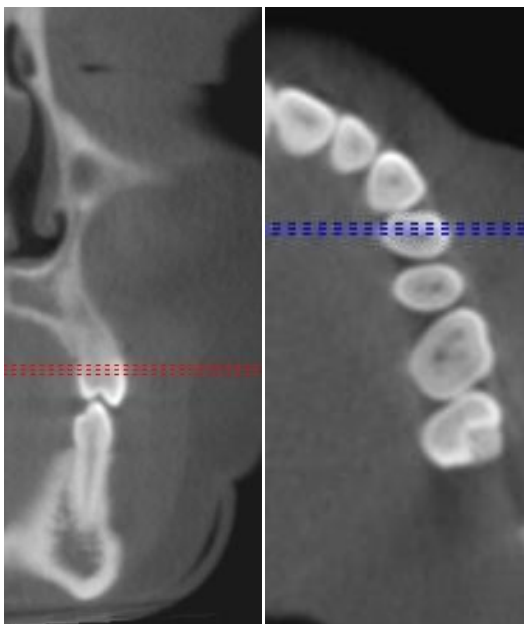
- Gruppe 1**      Der Kieferhöhlenboden befindet sich kranial des Nasenhöhlenbodens (negatives Vorzeichen)
- Gruppe 2**      Die unteren Begrenzungen beider Höhlen befinden sich auf derselben Höhe
- Gruppe 3**      Der Kieferhöhlenboden befindet sich kaudal des Nasenhöhlenbodens (positives Vorzeichen)

### 3.3 Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris

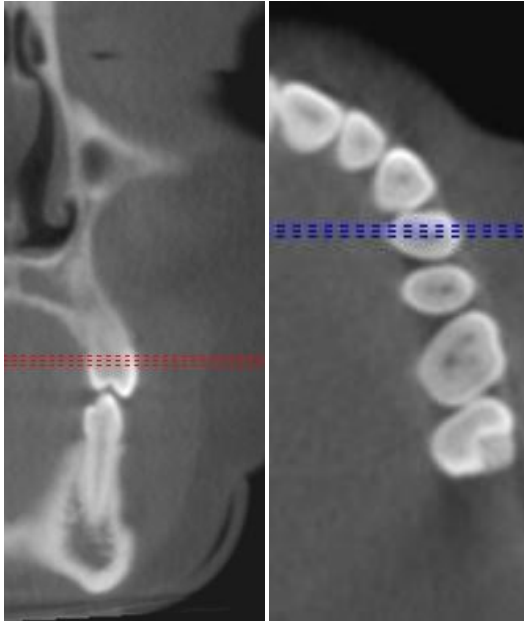
Die anteriore Begrenzung der Kieferhöhle wurde bestimmt, indem zuerst in der transversalen Ansicht der MPR-Darstellung ein ideales Schnittbild auf Kronenhöhe der Zähne eingestellt wurde. Danach wurde in der koronalen Ansicht der Schädel von anterior nach posterior durchgescannt, bis die Kieferhöhle sichtbar wurde. Für den rechten und den linken Sinus maxillaris wurde nun der Zahn notiert, auf dessen Höhe man sich in der transversalen Ansicht befand. Dabei wurde zur genaueren Lokalisation bestimmt, ob die anteriore Begrenzung der Kieferhöhle mesial, zentral oder distal des Zahns zu erkennen war.



**Abb. 4a:** Aufnahme zur Bestimmung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris. In diesem Beispiel lässt sich die anteriore Begrenzung auf Höhe 24 mesial erstmals sehen.



**Abb. 4b:** Auf dem nächsten koronalen Schnitt zeichnet sich die Kieferhöhle deutlicher ab



**Abb. 4c:** Zentral des Zahns 24 öffnet sich die Kieferhöhle nun klar sichtbar.

### 3.4 Relation der Zahnwurzeln zum Sinusboden

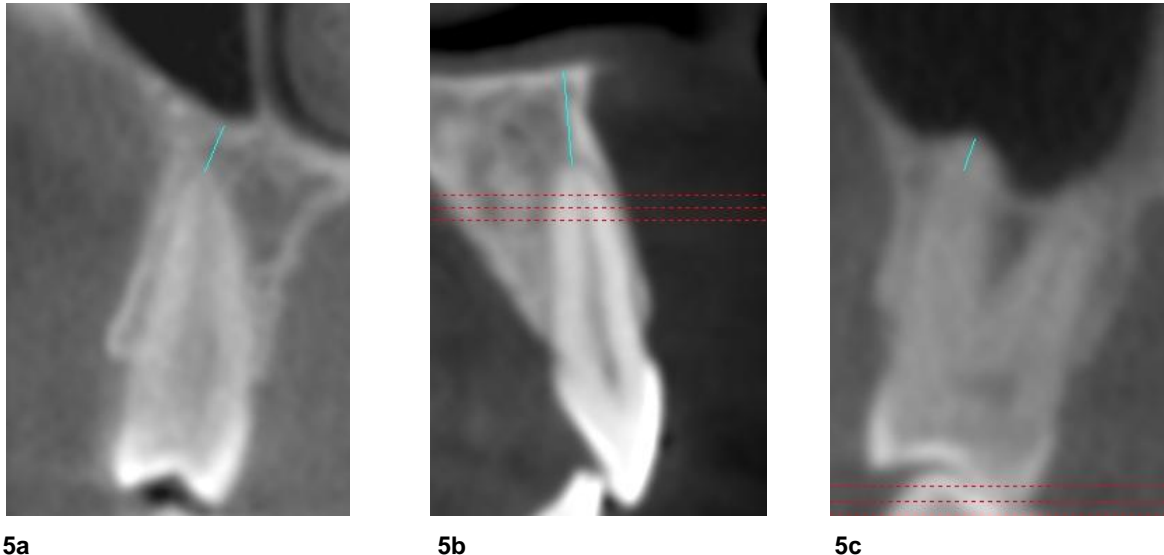
Für die Datenanalyse wurden Apices, welche kranial des Sinusbodens lagen als negative Werte angegeben, während Apices kaudal des Kieferhöhlenbodens mit positivem Vorzeichen notiert wurden. Dadurch liessen sich folgende drei Gruppen bilden:

- Gruppe 1** Die Wurzelspitze befindet sich innerhalb des Sinus maxillaris.  
(negatives Vorzeichen)
- Gruppe 2** Die Apexspitze befindet sich auf derselben Höhe wie die kaudale Begrenzung der Kieferhöhle.
- Gruppe 3** Die Spitze des Apex befindet sich kaudal des Sinusbodens.  
(positives Vorzeichen)

### 3.5 Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris

Messungen wurden durchgeführt, indem ein Referenzpunkt auf dem Wurzelapex platziert wurde und ein Referenzpunkt auf dem Boden des Sinus maxillaris. Dafür wurde der am nächsten liegende Punkt des Sinusbodens zum Apex verwendet. Messungen der Seitenzähne wurden in der koronalen Ansicht der MPR-Darstellung vorgenommen, Messungen von Frontzähnen im sagittalen Bild. Bei Frontzähnen wurde der Abstand zum Nasenhöhlenboden gemessen. Die Kieferhöhlenschleimhaut wurde dabei nicht mitgemessen. Ragte ein Zahn in die Kieferhöhle

hinein, so wurde die kürzeste Distanz vom Zahnapex zum Kieferhöhlenboden als negativer Wert notiert. Für die statistische Mittelwertsbestimmung der Distanz Zahnapex – Kieferhöhlenboden verwendete man nur die positiven Werte, da klinisch vor allem die Dicke des Knochens bei nicht in den Sinus maxillaris hineinragenden Wurzeln von Interesse war.



**Abb. 5a, 5b und 5c:** Die Abbildung 5a zeigt die Distanzmessung vom Wurzelapex zum Sinusboden beim Zahn 15, die Abbildung 5b die Distanzmessung von der Wurzelspitze des Zahns 21 zum Boden des Cavum nasi und die Abbildung 5c die Distanzmessung bei dem in die Kieferhöhle hineinragenden Zahn 16.

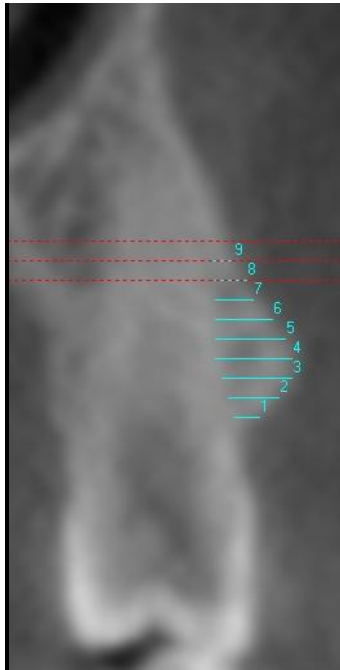
### 3.6 Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus

Messungen der Seitenzähne wurden in der koronalen Ansicht der MPR-Darstellung vorgenommen, Messungen von Frontzähnen im sagittalen Bild. Jede Zahnachse wurde vor der Messung senkrecht zur roten gestrichelten Geraden eingestellt. Auf der Ebene, in der Knochen erstmals sichtbar war, wurde mit der Messreihe begonnen, indem man parallel zur roten gestrichelten Geraden die Distanz vom Zahn zur Knochenbegrenzung erst bukkal, dann palatinal ermittelte. Die nächste Messung erfolgte auf die gleiche Art und Weise, im Abstand von 0.9 mm zur ersten blauen Linie. Es wurden 12 Messungen pro Zahnseite vorgenommen, sofern die Wurzel nicht kürzer war.

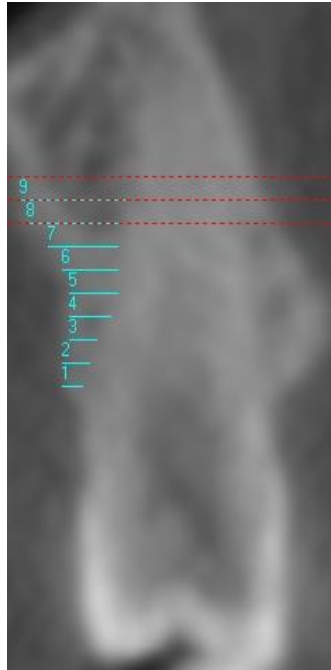
Durch die Unschärfe der Knochendarstellung im DVT wurde für die Stellen, an denen Knochen sichtbar war, jedoch kleiner als 0.5 mm und grösser als 0 mm, ein Wert von 0.25 mm notiert. Bei dreiwurzligen Zähnen, bei denen nicht alle Wurzeln in der gleichen frontalen Ansicht der

MPR-Darstellung zu sehen waren, wurde eine geeignete Einstellung, ca. in der Mitte des Molaren gewählt, an der zwei Wurzeln klar abgrenzbar vom umliegenden Knochen auszumachen waren.

Wenn Zähne durch Artefakte von überstrahlenden Restaurationen oder Wurzelfüllungen nicht mit dem idealen Kontrast eingestellt werden konnten, wurden sie aus der Studie ausgeschlossen.



**Abb. 6a**



**Abb. 6b**

**Abb. 6a und 6b:** Die Bilder zeigen die horizontalen Knochendickenmessungen jeweils im Abstand von 0.9 mm in Bild 6a bukkal und in Bild 6b palatinal des Zahns 25.

### 3.7 Statistische Analysen

Die Daten wurden zuerst in der Datenbank FileMaker Pro 10.0v3 (FileMaker, Inc., Santa Clara, USA) codiert, danach in Excel (Microsoft Office 2007, Rockmond, USA) übertragen und mit PASW Statistics Version 18.0.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) analysiert. Ergebnisse der statistischen Analysen mit einem p-Wert kleiner als 5 % wurden als statistisch signifikant gewertet.

Stetige Parameter wie zum Beispiel Alter, Knochendicke und Distanzen wurden durch die deskriptive Statistik präsentiert, also durch Mittelwerte und Standardabweichungen. Diskrete Variable, wie zum Beispiel das Geschlecht, wurden durch absolute und relative Häufigkeiten sowie 95 % Vertrauensintervalle mit der Bootstrappedmethode berechnet.

Mit einem 2-Stichproben-T-Test wurden Zusammenhänge zwischen den beiden Geschlechtern für die Messungen der Distanz zwischen Kieferhöhlenboden und Nasenhöhlenboden und der Distanz zwischen Wurzelapex und Sinusboden, untersucht.

Punktediagramme ermöglichten in dieser Studie die graphische Darstellung zwischen Assoziationen stetiger Variablen, wie dem Alter und gemessenen Distanzen. Dabei wurden Männer und Frauen jeweils getrennt betrachtet, um eine bessere Übersicht über Auswirkungen der Messungen zwischen den Geschlechtern zu gewinnen.

Alle stetigen Variablen, so bei den Fragestellungen zur Kieferhöhlenposition im Bezug zum Nasenhöhlenboden und zum Abstand zwischen Zahnapex und der kaudalen Begrenzung des Sinus maxillaris, wurden nicht-parametrisch nach Spearman korreliert, um die Altersabhängigkeit der Abstände feststellen zu können.

Eine nicht-parametrische Varianzanalyse (Kruskal-Wallis-Test) wurde zur Erforschung von Alter und der Lokalisation von Zahnwurzeln angewandt. Um den Verlauf der Knochendicke bei jedem Zahntyp in Abhängigkeit vom Abstand nicht-parametrisch zu untersuchen, wurden die Perzentile (10, 50 und 90) berechnet und in Excel graphisch dargestellt. Der Einfluss von Abstand und Abstand im Quadrat auf die Knochendicke bei jedem einzelnen Zahntyp, korrigiert für Alter und Geschlecht, wurde mit gemischten Modellen (Mixed Models) analysiert.

Verständlichkeitshalber wird die Schätzung der Perzentile erklärt: Für die Bestimmung der Perzentile zu einem bestimmten Abstand musste die Stichprobe von der kleinsten Knochendicke bis zur grössten Knochendicke geordnet werden. Der 50. Perzentil entsprach dem Median der Knochendicke, bei dem die Hälfte der Beobachtungen in der geordneten Stichprobe unter dem Medianwert lag und die Hälfte grösser als der Medianwert war. Bei dem 10. Perzentil lagen 10 Prozent der Beobachtungen in der geordneten Stichprobe unter diesem Wert und 90 Prozent der Beobachtungen über diesem Wert. Bei dem 90. Perzentil lagen 90 Prozent der Beobachtungen in der geordneten Stichprobe unter diesem Wert und 10 Prozent der Beobachtungen über diesem Wert.

Die Messungen der Knochendicke waren voneinander abhängig, weil bei jedem Probanden bei jedem Zahn mehrere Messungen im sich verändernden Abstand zum krestalen Knochenrand vorgenommen wurden. Damit der Einfluss von Alter und Geschlecht (0= weiblich, 1= männlich)

korrigiert für den Abstand zum krestalen Knochenrand untersucht werden konnte, mussten die gemischten Modelle (Mixed Models) angewandt werden. Der polynomiale Einfluss vom Abstand (sowohl lineare als auch quadratische Komponenten wurden berücksichtigt) wurde vorausgesetzt, was auch von den nicht parametrischen Perzentilgraphiken der Knochendicke unterstützt wurde. Das Vorzeichen des signifikanten ( $p < 0.05$ ) geschätzten Parameters indizierte, ob eine Veränderung der Knochendicke in Abhängigkeit von Alter oder Geschlecht vorlag. Positives Vorzeichen deutete auf eine Zunahme der Knochendicke und ein negatives Vorzeichen auf eine Abnahme der Knochendicke mit zunehmendem Wert der erklärenden Variable.



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Geschlechts- und Altersverteilung

Insgesamt wurden 50 Patienten in diese Untersuchung aufgenommen (27 Frauen, 23 Männer).

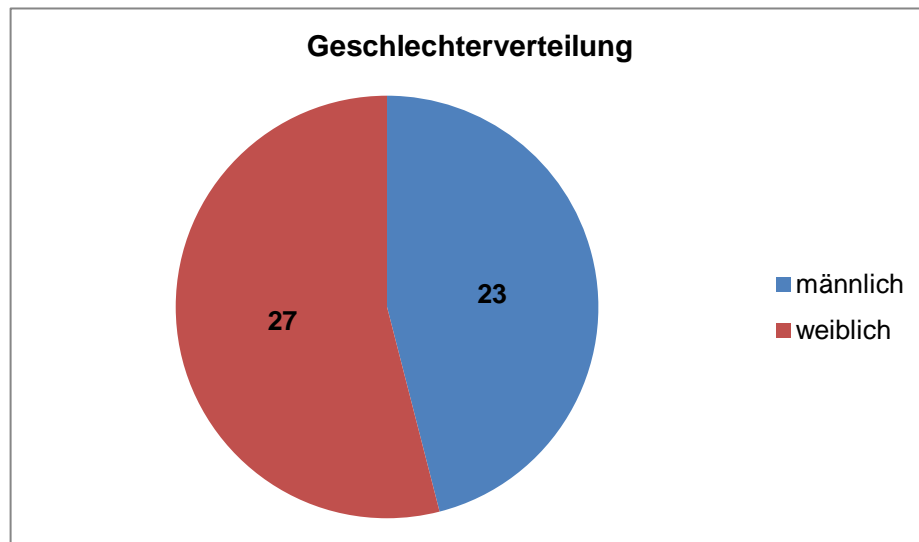


Abb. 7: Geschlechterverteilung

Das Durchschnittsalter betrug 39.2 Jahre (Frauen 42.1, Männer 35.8 Jahre). Die jüngste Patientin war 13.3, der älteste 83.4 Jahre alt. Die Altersgruppe zwischen 20 und 30 Jahren stellte mit 12 Patienten die grösste Gruppe dar, gefolgt von den 50- bis 60-Jährigen mit 11 Patienten.

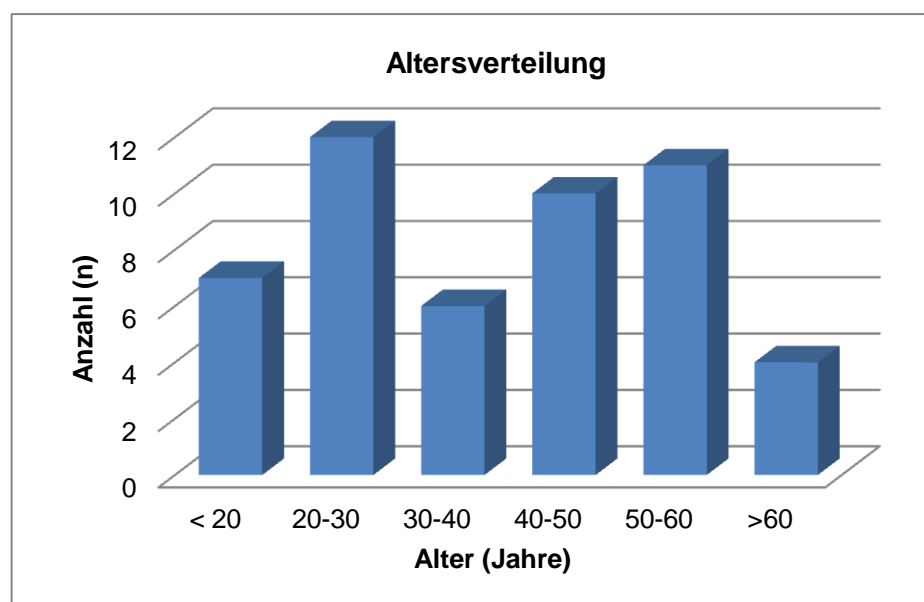
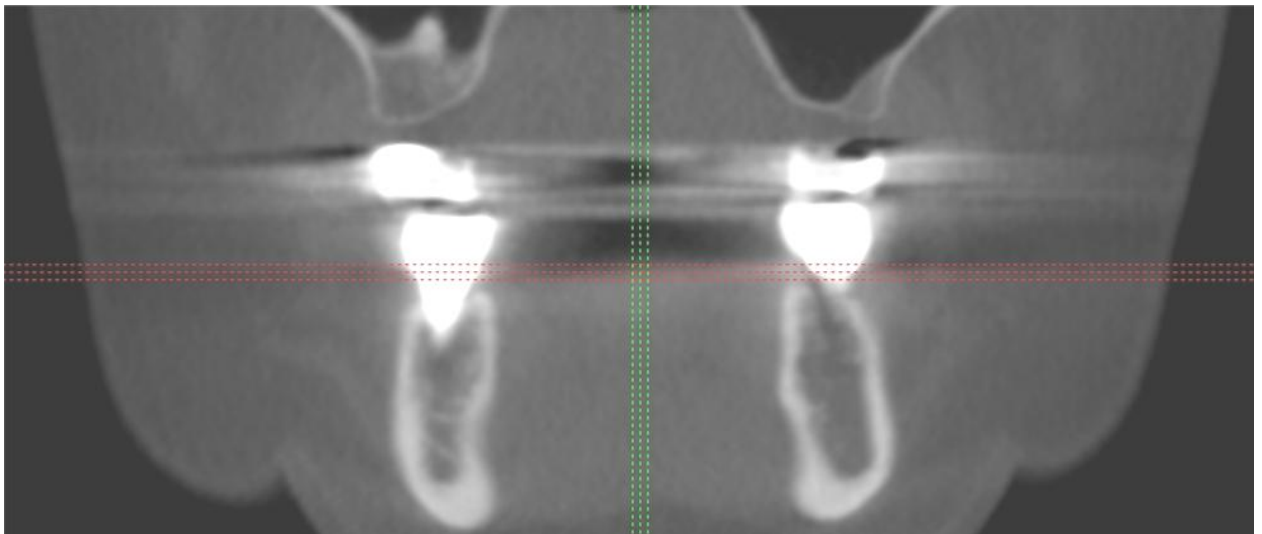


Abb. 8: Altersverteilung

## 4.2 Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden

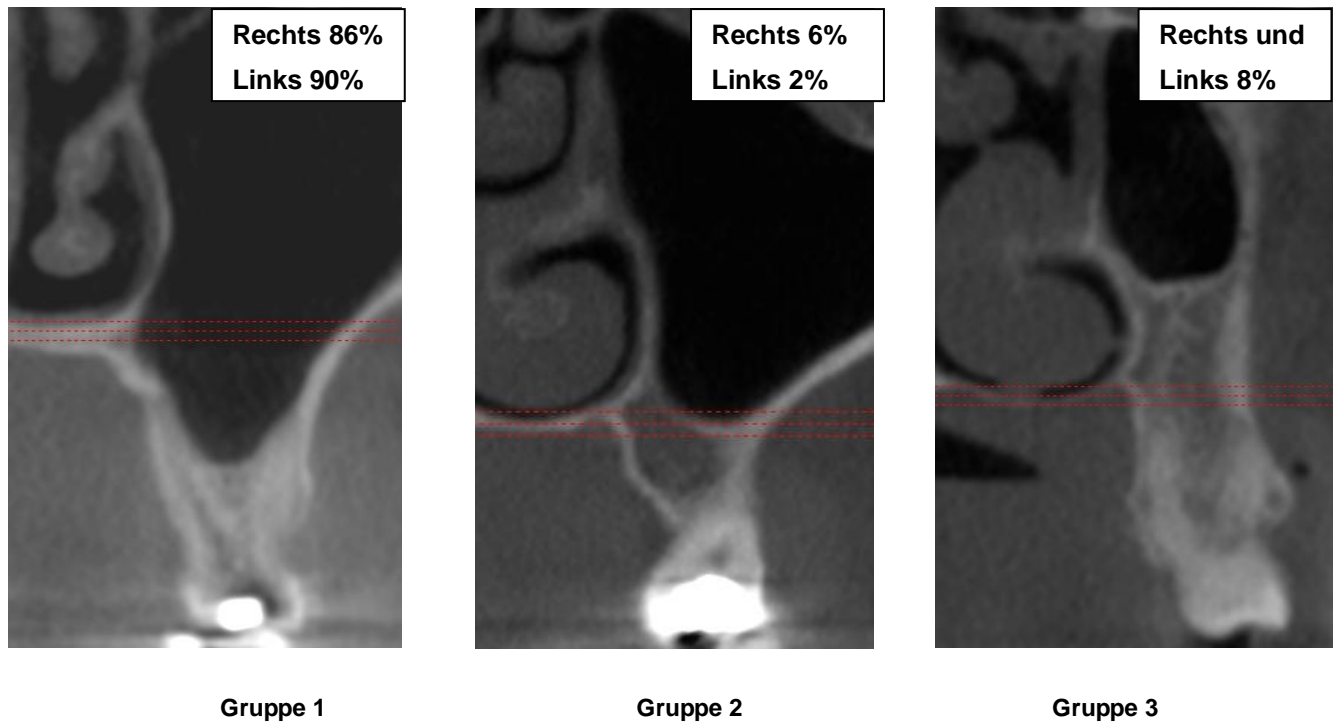
Die vertikale Position des Kieferhöhlenbodens zum Nasenhöhlenboden war sehr variabel. Bei zwei Fällen war keine Distanzmessung möglich, da die kaudale Begrenzung der Nasenhöhlen nicht abgebildet war, aber es war eine Einteilung in eine der drei Gruppen (Abb. 9) möglich. Bei den 48 gemessenen Kieferhöhlen lag der rechte Sinus maxillaris im Durchschnitt 5.71 mm und der linke 6.52 mm kaudal des Cavum nasi.



**Abb. 9:** Beispiel für Ausschluss aus der Studie: Es gehört eindeutig zur Gruppe 1.

Die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris befand sich:

- Gruppe 1** In der rechten Kieferhöhle zu 86 % und in der linken zu 90 % kaudal des Nasenhöhlenbodens.
- Gruppe 2** In der rechten Kieferhöhle in 6 % und in der linken in 2 % auf der gleicher Höhe wie die kaudale Begrenzung der Nasenhöhle.
- Gruppe 3** In 8 % der Fälle kranial des Nasenhöhlenbodens.



**Abb. 10:** Darstellung der 3 möglichen Positionen des Sinus maxillaris im Bezug zum Cavum nasi.

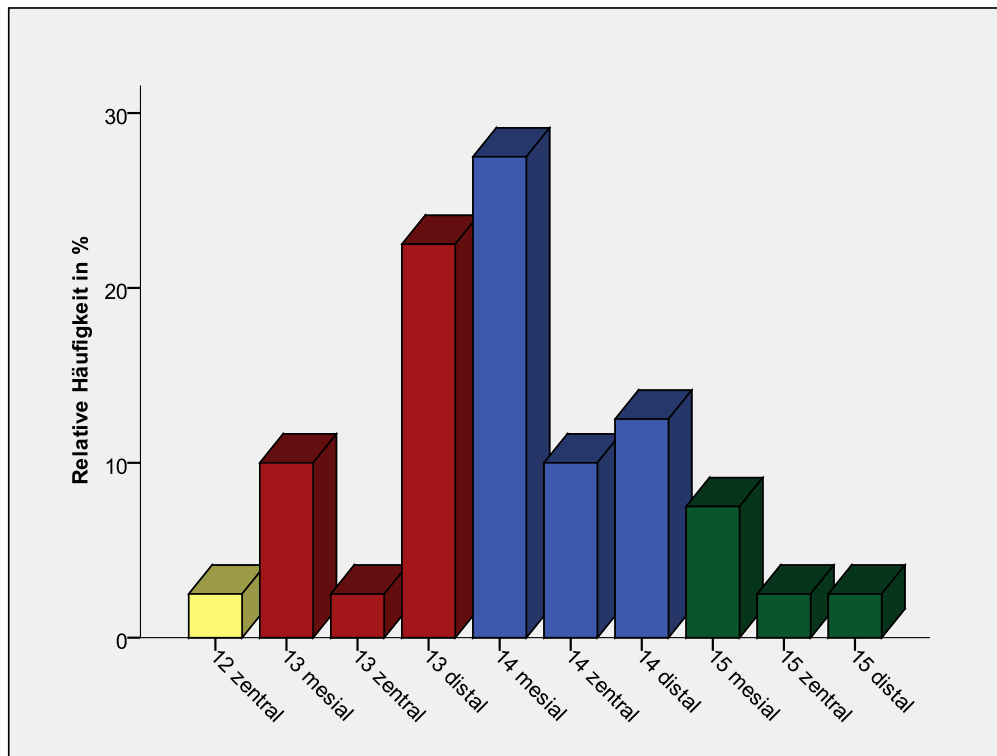
Zwischen den Geschlechtern und den Altersgruppen bestand kein Unterschied in der Kieferhöhlenlokalisation. Es fand sich eine hohe Korrelation zwischen der rechten und der linken Kieferhöhle (Tabellen mit allen Werten siehe Anhang, Kapitel 9.2).

#### 4.3 Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris

Bei 40 rechten und 39 linken Sinus maxillares wurde die Lokalisation der anterioren Begrenzung in Bezug auf den Zahnbogen untersucht. 10 rechte und 11 linke Kieferhöhlen konnten aufgrund von Artefakten und unvollständig abgebildeten Sinus maxillare nicht ausgemessen werden. Am häufigsten war die anteriore Begrenzung der Kieferhöhle auf mesialer Höhe des Dens Prämolare I, also auf Höhe der Zähne 14 und 24 (27.5 % rechte, 28.2 % linke Kieferhöhle). Ähnlich häufig, 22.5 % rechts und 23.1 % links, dehnte sich der Sinus maxillaris bis auf Höhe des Dens Caninus distal aus.

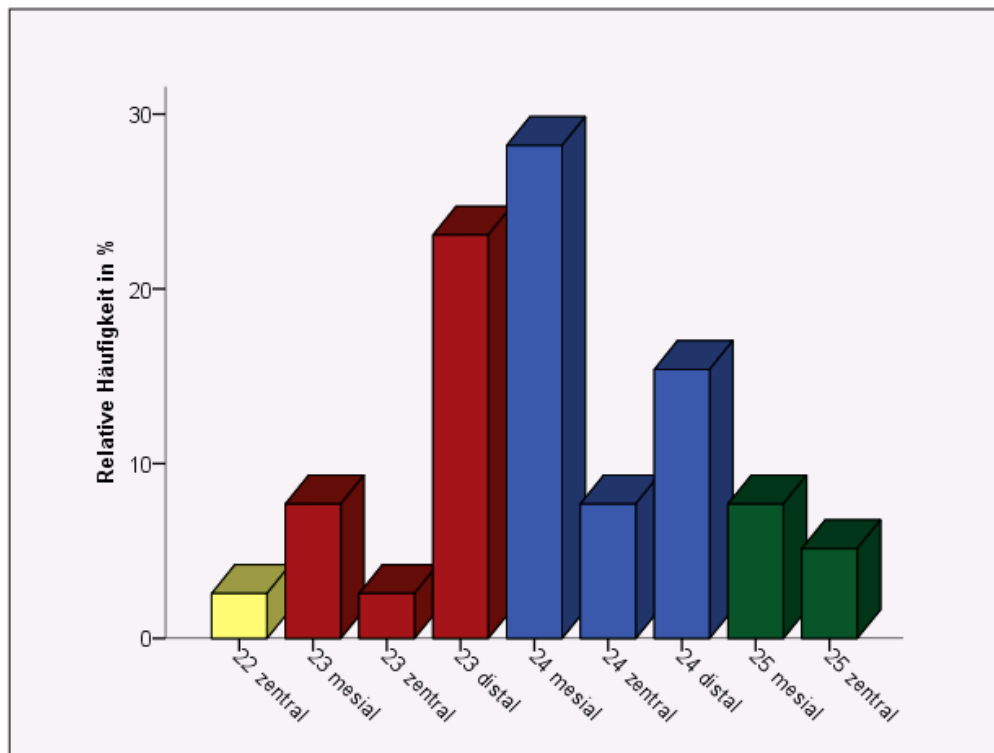
Der T-Test für eine Stichprobe zeigte, dass die vorderen Begrenzungen der beiden Kieferhöhlen auf der rechten und auf der linken Seite keine statistisch signifikanten Unterschiede aufwiesen (p-Wert = 0.595).

### Anteriore Lokalisation des Sinus maxillaris rechts



**Abb. 11:**  
Anteriore Lokalisation des  
Sinus maxillaris rechts  
N = 40

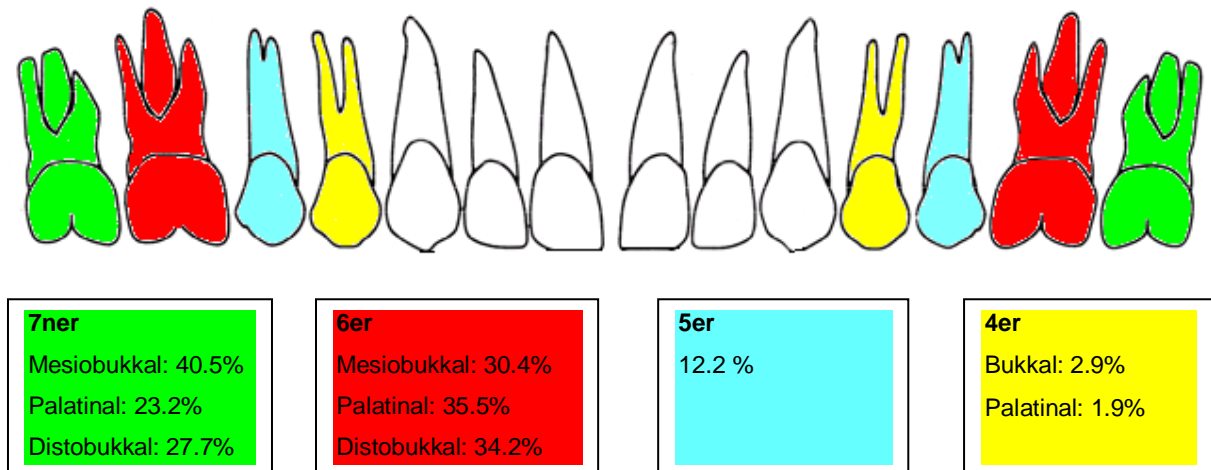
### Anteriore Lokalisation des Sinus maxillaris links



**Abb. 12:**  
Anteriore Lokalisation des  
Sinus maxillaris links  
N = 39

#### 4.4 Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden

Keiner der untersuchten Frontzahnwurzeln erreichte den Sinusboden. Mit 40.5 % befand sich die mesiobukkal Wurzel des 2. Molaren am häufigsten in der Kieferhöhle. Beim Dens Prä-molaris II nahm die Wahrscheinlichkeit einer Wurzel in der Kieferhöhle bereits auf 12.2 % ab und sank beim Dens Prämolare I noch weiter auf bukkal 2.9 und palatinal 1.9 % ab.



**Abb. 13:** Darstellung der Häufigkeit von Zähnen, die mit ihrer Wurzelspitze in den Sinus maxillaris hineinragen.

Die Daten zeigten kein Anzeichen, dass bei Männern die Wurzelspitzen häufiger in den Sinus maxillaris reichten als bei Frauen. Auch im höheren Alter waren Zahnwurzeln nicht häufiger innerhalb der Kieferhöhle zu finden. Die Sapientes wurden aufgrund der kleinen Fallzahl nicht untersucht.

#### 4.5 Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris

Zwecks Vergleichbarkeit wurden jeweils die Resultate der rechten und der linken Maxillaseite für jeden einzelnen Zahntyp errechnet. Die kürzeste Distanz von 2.2 mm wurde beim 2. Molaren an der mesiobukkalen Wurzel gemessen, die längste, d.h. 7.8 mm, kranial der bukkalen Wurzel des 1. Prämolaren (Abb.14).

Beim 1. und beim 2. Prämolaren fanden sich sowohl ein- als auch zweiwurzlige Zähne. Dies erklärt die unterschiedliche Fallzahl bei den untersuchten Wurzeln. War ein Prämolar ein-

wurzlig, so wurde seine Wurzel als bukkal stehend definiert. Aus diesem Grund sind in der untenstehenden Tabelle jeweils weniger palatinale als bukkale Wurzeln bei den Prämolaren ausgewertet worden.

Zahn	Position	N total	davon in Gruppe 1	davon in Gruppe 2 und 3	Durchschnittlicher Abstand in mm (nur Gruppe 2, 3)
1.Inzisivus		73	0	73	8.0
2.Inzisivus		74	0	74	7.9
Caninus		72	0	72	5.8
1. Prämolare	bukkal	70	2	68	7.8
1. Prämolare	palatinal	52	1	51	6.7
2. Prämolare	bukkal	66	8	58	4.1
2. Prämolare	palatinal	20	0	20	5.5
1. Molar	mesiobukkal	70	21	49	2.7
1. Molar	palatinal	71	25	46	3.0
1. Molar	distobukkal	70	24	46	2.6
2. Molar	mesiobukkal	66	27	39	2.2
2. Molar	palatinal	69	16	53	3.0
2. Molar	distobukkal	61	17	54	2.3

**Abb. 14:** Messung der Distanz zwischen Wurzelapex und Sinusboden

**Gruppe 1** Die Wurzelspitze befindet sich innerhalb des Sinus maxillaris.

**Gruppe 2** Die Apexspitze befindet sich auf derselben Höhe wie die kaudale Begrenzung der Kieferhöhle

**Gruppe 3** Die Spitze des Apex befindet sich kaudal des Sinusbodens.

Das Knochenangebot zwischen Zahnapex und Sinusboden nahm vom 1. Inzisivus, mit einer Knochendicke von durchschnittlich 8.0 mm, zur bukkalen Molarenregion mit einer Knochendicke von durchschnittlich 2.2 mm bei der mesiobukkalen Wurzel des 2. Molaren stetig ab (Abb. 15). Erst zur distobukkalen Wurzel des 2. Molaren hin vergrösserte sich bukkal die Knochendicke wieder leicht auf 2.3 mm (Abb. 15). Palatinal im Seitenzahnbereich befand sich die geringste Knochendicke auf Höhe des 1. Molaren und 2. Molaren mit 3 mm (Abb. 16). Insgesamt war kranial der palatinalen Wurzeln von einem grösseren Knochenangebot auszugehen als kranial der bukkalen Seitenzahnwurzeln.

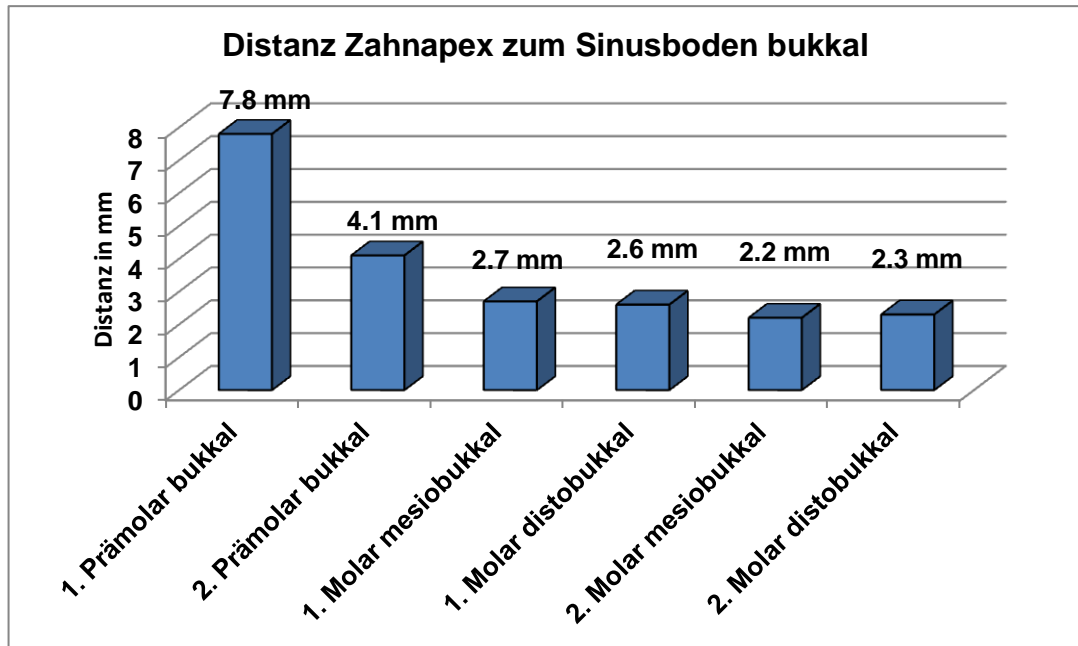


Abb. 15: Distanz zwischen Zahn apex und Sinusboden bukkal

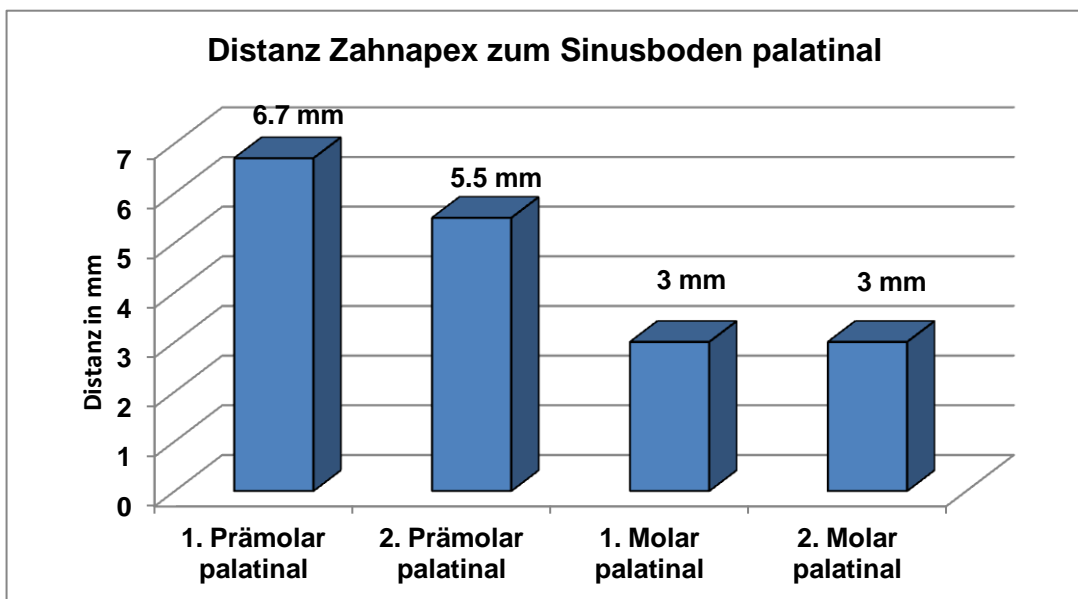


Abb. 16: Distanz zwischen Zahn apex und Sinusboden palatinal

Ein signifikanter Unterschied beim Knochenangebot zwischen Zahn apex und Kieferhöhlenboden zwischen Männern und Frauen bestand nicht. Genauso wenig liess sich eine Knochen-dickenverminderung bei älteren Leuten im Vergleich zu jüngeren feststellen. Die Lage der Weisheitszahn apices wurde aufgrund ihrer hohen Variabilität und der niedrigen Fallzahl (hohe Extraktionsrate) nicht untersucht. Der Grund für die verschiedenen Fallzahlen aller anderen Zähne lag darin, dass nicht alle Patienten über die gleiche Anzahl Zähne verfügen (Anhang Kapitel 9.5).

#### **4.6 Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus**

Diese Untersuchung umfasste pro Zahntyp zwischen 58 und 77 Fälle. Im Frontzahnbereich betrugen die Knochendicken bukkal im Durchschnitt zwischen 0.6 und 0.8 mm und palatinal zwischen 2.8 und 3.4 mm. Das durchschnittliche Knochenangebot im Seitenzahnbereich entlang der Zahnwurzeln reichte bukkal von 0.7 mm beim Dens Prämolare I bis zu 2.1 mm beim Dens Molare II und palatinal von 1.1 mm bis 2.5 mm.

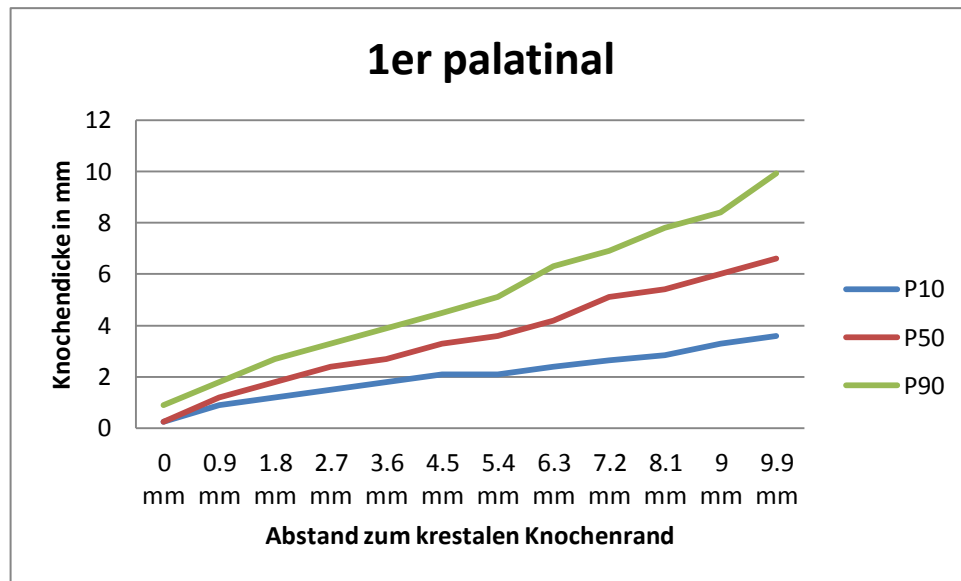
Der palatinale Durchschnittswert war, abgesehen vom 1. und 2. Molaren, grösser als der bukkale. Bukkal war im Frontzahnbereich weniger Knochen als im Seitenzahnbereich vorhanden. Die Knochendicke nahm bukkal von anterior nach posterior zu.

Am Beispiel des 1. Incisivus palatinal in Abbildung 17 wird die Entstehung der Perzentilgraphiken erklärt. Gemäss der Prozedur, die in den statistischen Methoden beschrieben wurde (Kapitel 3.7), wurden bei jedem Abstand zum krestalen Knochenrand die 10., 50. und 90. Perzentile der Knochendicke in Millimetern bestimmt. Nachher wurden die entsprechenden Perzentilwerte bei verschiedenen Abständen mit einer Linie verbunden (10. Perzentil blau, 50. rot und 90. grün). Damit waren die Knochendickenverläufe in Abhängigkeit zum krestalen Knochenrand entstanden. Diese Graphiken dienten der deskriptiven Beurteilung der Knochendicke in Abhängigkeit vom Abstand.

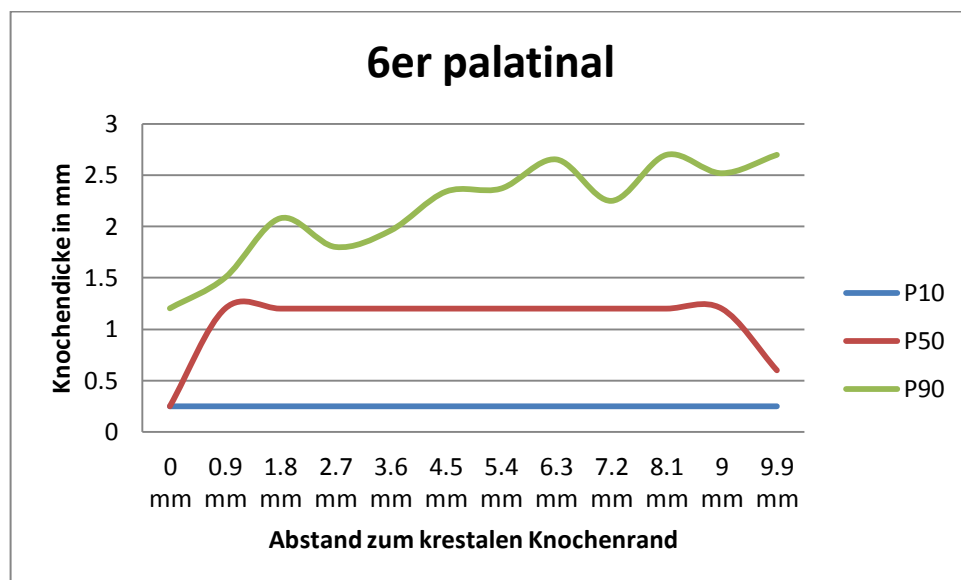
Beim 1. Incisivus palatinal scheint der Knochen auf allen drei Perzentil-Ebenen gleich zu verlaufen: Der Knochen wurde von kaudal nach kranial zunehmend dicker. Palatinal vom 1. Molaren verhielt es sich nicht so eindeutig (Abb. 18). In 10 Prozent der untersuchten Zahnwurzeln fanden sich auf die ganze palatinale Zahnlänge verteilt immer gleich dicker Knochen. In 90 Prozent der Patienten schwankte die Knochendicke von kaudal nach kranial zwischen zu- und abnehmend, vergrösserte sich aber insgesamt auf die ganze Länge betrachtet.

Auf der palatinalen Zahnseite zeigte sich eine nach kranial zunehmende Knochendicke bei allen Zähnen, vor allem aber im Frontzahnbereich (Abb. 17). Die Knochendicke stieg kontinuierlich von koronal bis apikal hin.



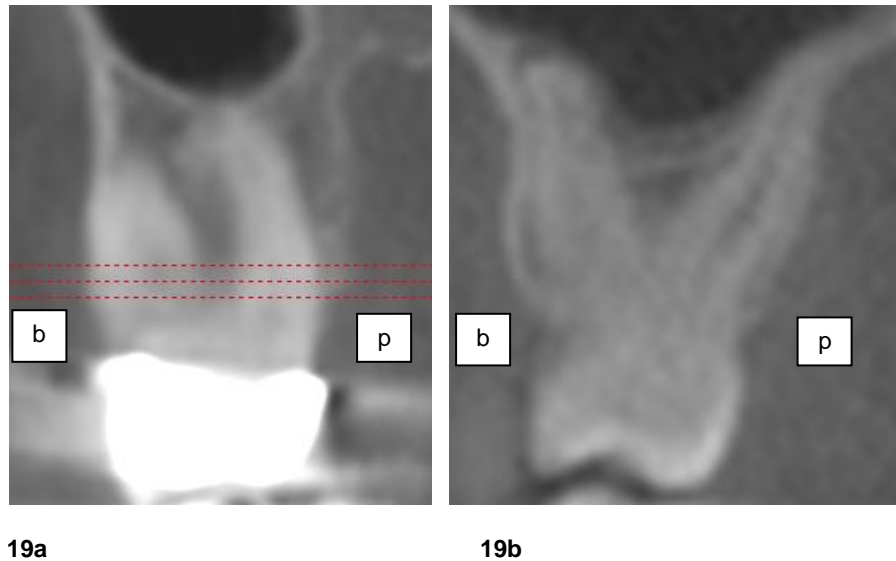


**Abb. 17:** Der Knochenverlauf palatinal des 1. Incisivus als Beispiel für die stetige Zunahme der Knochendicke palatinal.



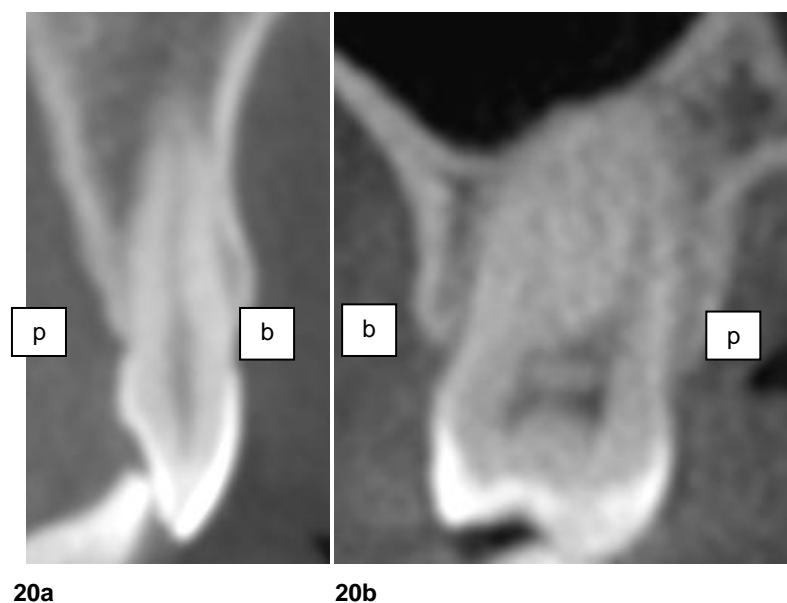
**Abb. 18:** Der Knochenverlauf palatinal des 1. Molaren als Beispiel für die zwar zunehmende, aber nicht so kontinuierlich verlaufende Knochendicke.

Im Seitenzahnbereich verlief der Knochen palatinal allerdings nicht mehr kontinuierlich (Abb. 18; weitere Graphiken Kapitel 9.6.2). Auffallend ist vor allem die letzte Messung auf einer Höhe von 9.9 mm. Während der 90. Perzentil noch einmal eine Zunahme der Knochendicke aufzeigt, nimmt der 50. Perzentil ab. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die 12. Messung nicht mehr bei allen Zähnen durchgeführt werden konnte, da viele Molarenwurzel kürzer als 9.9 mm waren. Dadurch entstand bei den verbliebenen Messungen eine relativ grosse Streuung der Daten, von 0.25 mm bis zu 4.2 mm reichend (Abb. 19 und b).



**Abb. 19a und b:** Der 1. Molar weist palatinal in regio des Apex viel mehr Knochen auf als der 1. Molar in Abbildung 19b.

Bukkal verlief der Knochen ebenfalls nicht überall gleich. Bukkal der Frontzähne nahm zuerst das Knochenangebot zu, dann leicht ab und verbreiterte sich zur Wurzelspitze noch einmal. Im Seitenzahnbereich war dieses Phänomen bukkal nicht ganz so stark ausgeprägt.



**Abb. 20:** Beispiel für einen typischen Knochenverlauf in Abb. 20a bei einem 2. Incisivus und in 20b bei einem 2. Molaren. Im Seitenzahnbereich nimmt die Knochendicke in Höhe Wurzelapex im Unterschied zum Frontzahn nicht mehr zu (b = bukkal, p = palatinal)

Die untenstehende Tabelle 21 zeigt die Zusammenhänge zwischen der Knochendicke und dem Alter und Geschlecht korrigiert für den Abstand (siehe statistische Methoden Kapitel 3.7): Die gelb markierten Werte zeigen auf, wo signifikante Werte ( $p < 0.05$ ) gemessen wurden. So zeigt die untenstehende Tabelle bei den Incisiven und Canini signifikante Zusammenhänge zwischen der Knochendicke palatinal und dem Geschlecht. Man kann daraus schliessen, dass Männer palatinal im Frontzahnbereich (1er, 2er und 3er) mehr Knochen (von 0.59 bis 0.73 mm) aufwiesen als Frauen. Im Seitenzahnbereich palatinal und bukkal über den ganzen Zahnbogen liess sich ein solcher Zusammenhang nicht finden.

Während man im Frontzahnbereich keine Hinweise auf die Abhängigkeit der Knochendicke vom Alter finden konnte, zeigte sich im Seitenzahnbereich bukkal eine Knochenabnahme mit dem Alter (gelb markiert), pro 10 Jahre zwischen 0.1 und 0.2 mm. Palatinal liess sich keine Altersabhängigkeit feststellen.

Die grau markierten Stellen zeigen ebenfalls p-Werte  $< 0.05$ . Da diese aber nur an einzelnen Stellen auftraten, liessen sich aufgrund dieser Ausnahmen keine strukturierten Aussagen über den ganzen Zahnbogen machen.

1er	bukkal			palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	-0.003	0.532	(-0.010; 0.005)	0.020	0.120	(0.005; 0.037)
Geschlecht	-0.110	0.423	(-0.370; 0.160)	0.720	0.010	(0.180; 1.260)
2er	bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	0.001	0.623	(-0.005; 0.009)	0.013	0.082	(-0.002; 0.030)
Geschlecht	-0.009	0.942	(-0.250; 0.230)	0.590	0.019	(0.100; 1.080)
3er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	0.002	0.625	(-0.005; 0.009)	0.003	0.762	(-0.014; 0.019)
Geschlecht	0.054	0.634	(-0.180; 0.290)	0.730	0.007	(0.210; 1.250)
4er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	-0.010	0.002	(-0.016; -0.004)	0.004	0.735	(-0.018; 0.026)
Geschlecht	0.210	0.410	(0.009; 0.410)	0.240	0.543	(-0.490; 0.920)
5er	bukkal			palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	-0.020	0.002	(-0.032; -0.008)	0.003	0.712	(-0.016; 0.023)
Geschlecht	0.230	0.177	(-0.110; 0.570)	-0.36	0.192	(-0.920; 0.190)

6er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	-0.020	0.023	(-0.038; -0.030)	0.0038	0.547	(-0.009; 0.016)
Geschlecht	-0.796	0.006	(-1.350; -0.240)	-0.177	0.396	(-0.590; 0.240)
7er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Alter	-0.018	0.84	(-0.038; 0.003)	0.02	0.006	(0.006; 0.033)
Geschlecht	0.080	0.81	(-0.600; 0.760)	-0.21	0.361	(-0.660; 0.250)

**Tabelle 21:** Beschreibung des Knochenverlaufs im Zusammenhang mit Alter und Geschlecht. Auszug der Werte aus der Tabelle im Anhang Kapitel 9.6.3. (Geschlecht 0 = weiblich, 1 = männlich)

## 5 Diskussion

### 5.1 Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden

Der Sinus maxillaris entwickelt sich als erste Nebenhöhle im 3. Fetalmonat. Bei der Geburt ist sein Volumen  $0.08 \text{ cm}^3$  gross (Barghouth et al. (26)). Nach der Geburt beginnt sich die Kieferhöhle nach lateral und nach kaudal auszuweiten. Das Abwärtswachstum wird durch die Pneumatisierung des maxillären Alveolarknochens begünstigt und erreicht die Höhe des Nasenhöhlenbodens etwa mit 12 Jahren. Individuell breitet sich die Kieferhöhle einige Millimeter nach kaudal in Relation zum knöchernen Nasenhöhlenboden aus (Graney (27)).

Wie weit sich der Sinus maxillaris nach kaudal ausdehnt, wurde in mehreren Studien untersucht: Radojevic et al. (8) nannten Distanzen von 5 bis 6 mm, gemessen an Oberkiefern von 150 Präparaten beider Geschlechter, womit die Ergebnisse dieser Untersuchung mit 5.7 mm rechts (CI95% 4.4; 7.0) und 6.5 mm links (CI95% 5.3; 7.7) weitgehend übereinstimmen. In der Analyse von Bailey (28) wurde ein Abstand von 4 bis 5 mm bei Erwachsenen gemessen. Über Veränderungen in der Höhe des Kieferhöhlenbodens mit dem Alter wurden beiden Studien keine Aussagen gemacht. Jun et al. kamen zu ähnlichen Resultaten in ihrer Untersuchung an 238 CT-Scans von Kieferhöhlen: Ihren Messungen nach lag der Sinus maxillaris an seiner tiefsten Stelle nach Abschluss der Entwicklung zwischen dem 21. und 30. Lebensjahr  $7.02 \text{ mm} \pm 2.78$  mm kaudal des Nasenhöhlenbodens. Nachfolgend beschrieben Jun et al. einen nur leichten, nicht signifikanten Rückzug des Sinus maxillaris. Eine Veränderung der Lage des Sinusbodens im Bezug zum Nasenhöhlenboden mit zunehmendem Alter konnte in der vorliegenden Studie nicht gefunden werden, wobei die Anzahl der untersuchten Patienten mit 50 bei grossen individuellen Schwankungen für die Beantwortung dieser Fragestellung zu gering ist.

Obwohl diese Arbeit im Gegensatz zur Studie von Radojevic et al. (8) den rechten und linken Sinus separat betrachteten, zeigten beide Analysen ähnliche Ergebnisse. Während Radojevic et al., wie bereits in der Einleitung erläutert, in 70 Prozent aller untersuchten Fälle einen niedriger liegenden Sinus maxillaris als das Cavum nasi konstatierten, fanden sich hier mit 86 % rechts und 90 % leicht höhere Werte. Von Bonsdorffs Resultate aus dem Jahr 1925(15), welche aufgrund direkter Messungen an menschlichen Präparaten gewonnen werden konnten, stimmten weitgehend mit den in Kapitel 4.2 beschriebenen Resultaten überein. Der niedrigste Ort des Sinus maxillaris befand sich gemäss seinen Angaben in 78.6 % kaudal, in 8.1 % auf demselben

Niveau und in 11.9 % aller Fälle kranial des Nasenbodens. Allen drei Studien gemeinsam ist aber die Aussage, dass bei den meisten Individuen der Sinusboden gegenüber dem Nasenhöhlenboden kaudaler lokalisiert war.

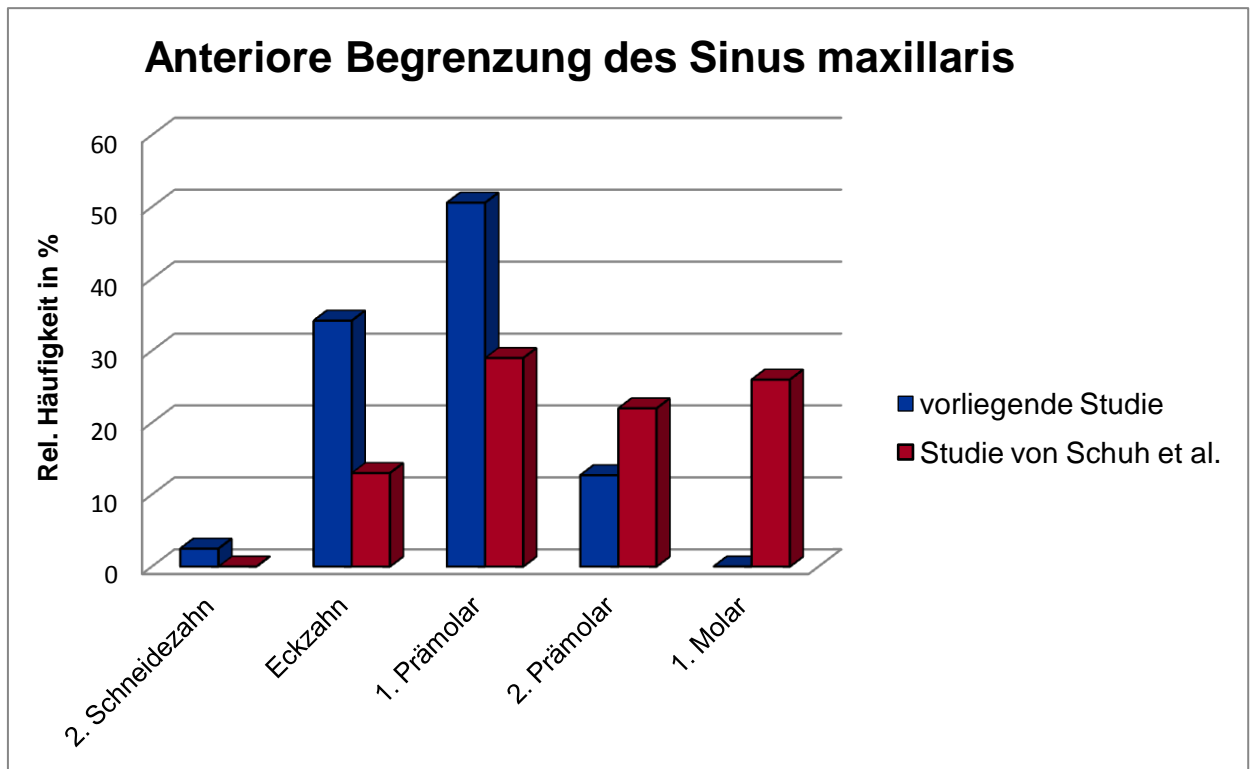
Reschreiter (9) fand, dass sich bei Frauen der Sinusboden weniger weit nach kaudal ausbreitet als bei Männern. Radojeciv(8) widersprach dieser Aussage: „Was die Variation der Position des Sinusbodens bei den beiden Geschlechtern anbelangt, so erlauben unsere Vergleiche zwischen 83 männlichen und 61 weiblichen Kieferhöhlen keine Geschlechtsunterschiede festzustellen.“ Auch die vorliegende Studie konnte keine geschlechtsspezifischen Unterschiede ermitteln. Die Tatsache, dass sich der Kieferhöhlenboden meistens kaudal des Nasenbodens befand, ist von klinischer Relevanz bei therapeutischen Punktionen oder intranasaler Antrostomie (vgl. Killey (21)).

## **5.2 Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris**

Die wichtigste Vergleichsstudie bei der Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris ist eine österreichische Arbeit von Schuh et al. aus dem Jahr 1983. Diese etwas ältere Analyse beurteilte die anteriore Lokalisation des Sinus maxillaris an Hand von seitlichen Schädelaufnahmen, wobei 68 Kieferhöhlen an bezahnten und zum Teil unbezahnten Schädelhälften untersucht wurden. Zur besseren Darstellung verwendete man bei dieser Untersuchung mit konventionellen Röntgenbilder Kontrastmaterial. Die Studie untersuchte vier Typen bezüglich deren anterioren Ausdehnung:

- Typ 1:** Ausbreitung bis Dens Caninus: 13 %
- Typ 2:** Ausbreitung bis Dens Prämolare I: 29 %
- Typ 3:** Ausbreitung bis Dens Prämolare II: 22 %
- Typ 4:** Ausbreitung bis Dens Molare I: 26 %

In der vorliegenden Studie in Kapitel 4.3 erfolgte die Lokalisationsbestimmung noch genauer in die Untergruppen mesial, zentral und distal des jeweiligen Zahnes. Um einen Vergleich mit der Studie von Schuh et al. zu ermöglichen, wurden diese Untergruppen wieder zusammengefasst.

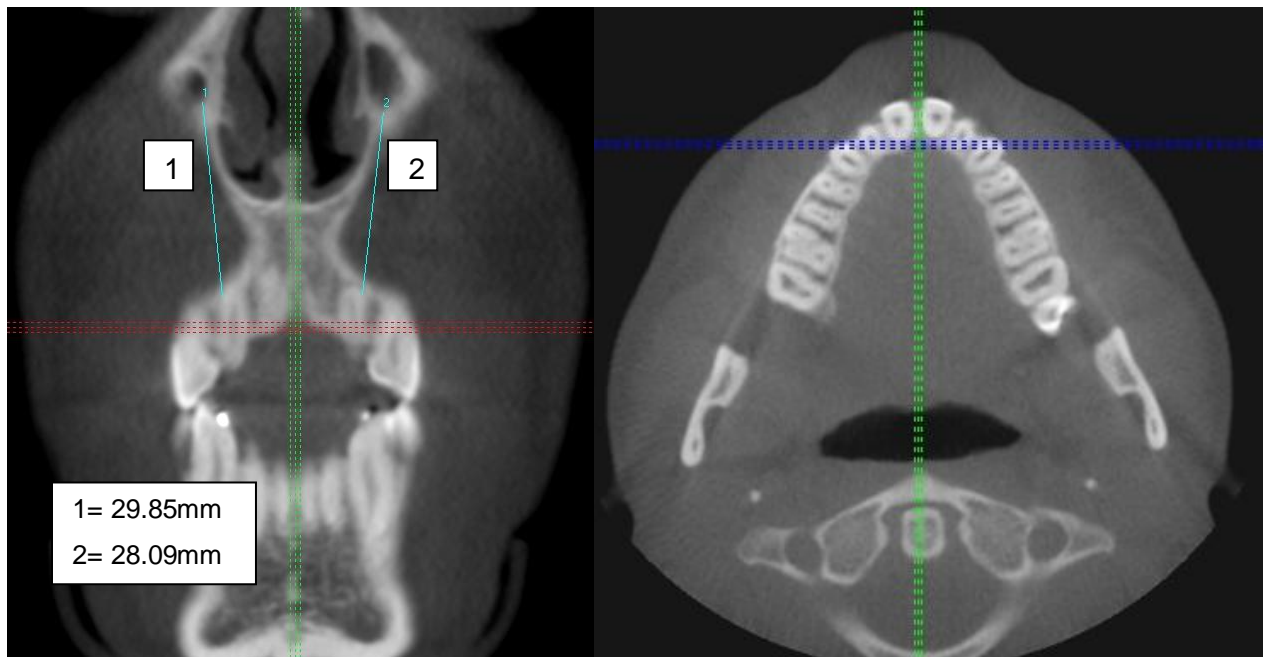


**Abb. 22:** Anteriore Begrenzung des Sinus maxillaris

In Bezug auf die häufigste Lokalisation der Kieferhöhle, nämlich die Position auf Höhe des Dens Prämolare I, stimmten beide Studien überein. Allerdings fiel auf, dass sich die Begrenzungen der Kieferhöhlen in der vorliegenden Studie weiter anterior befanden als in der Arbeit von Schuh et al. Auffällig ist, dass die Häufigkeiten in Schuhs Studie in der Summe nicht 100, sondern nur 90 Prozent ergaben, ohne dass der Autor diese Diskrepanz erläuterte. Auch die Beispielsbilder, welche Schuh et al. in ihrer Arbeit zeigten, waren nicht eindeutig bezüglich der verschiedenen Begrenzungstypen.

Der gleichen Thematik widmeten sich auch Radojevic et al. (8). In ihrer Arbeit an 300 Präparaten untersuchten sie, welche Zähne im Sinus maxillaris zu finden sind. Er fand dabei heraus, dass der Eckzahn in 9 Prozent der Fälle als Sinuszahn bezeichnet werden kann. Genau wie Schuh et al. (11) hielt er es aufgrund seiner Ergebnisse für unmöglich, dass Schneidezähne in das Gebiet des Sinus maxillaris fallen.

In dieser Studie öffnet sich die Kieferhöhle bei einer Person auf Höhe des 2. Schneidezahnes (sowohl beim linken als auch beim rechten Sinus maxillaris).



**Abb. 23:** Frontale und transversale Ansicht. Die Kieferhöhle reicht bis zu den 2. Inzisiven nach anterior bei grosser Distanz zwischen Wurzelapex und Kieferhöhle (Distanz 1 und 2).

Trotz einer möglichen Ausdehnung des Sinus maxillaris bis zur Region des seitlichen Schneidezahns muss aber aufgrund der grossen vertikalen Distanz nicht mit einer Perforation gerechnet werden (Abb. 23).

### 5.3 Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris

Von Bonsdorff (15) widmete sich in seinen ausführlichen Untersuchungen den Lagebeziehungen zwischen den Zahnwurzeln und der Kieferhöhle sowie der Häufigkeit von in die Kieferhöhle hineinragenden Zahnwurzeln.

In der nachfolgenden Tabelle zeigt die gelbe Spalte die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Zahntyp in die Kieferhöhle ragt gemäss den Resultaten von Bonsdorff, und die grüne Spalte die zusammengefassten Ergebnisse aus dem Kapitel 4.4. Bei einem Vergleich der Resultate fällt auf, dass sich die Werte zwar etwa in denselben Bereichen bewegen, diejenigen von Herrn von Bonsdorff aber meistens gegenüber denjenigen dieser Studie vergrössert sind. Der Grund liegt darin, dass in Bonsdorffs Studie auch Zähne, die weniger als 0.5 mm Knochen zwischen



Apex und Sinus maxillaris aufwiesen, zu den Zähnen in der Kieferhöhle gezählt wurden, während in der vorliegenden Studie nur Zähne ohne jeglichen Knochen oberhalb des Apex als in die Kieferhöhle hineinragend betrachtet wurden. Beim 1. und beim 2. Prämolaren fanden sich sowohl ein- als auch zweiwurzlige Zähne. Dies erklärt die unterschiedliche Fallzahl bei den untersuchten Wurzeln. War ein Prämolare einwurzlig, so wurde seine Wurzel als bukkal stehend definiert. Aus diesem Grund sind in der untenstehenden Tabelle bei der Spalte mit den Resultaten der vorliegenden Studie jeweils weniger palatinale als bukkale Wurzeln bei den Prämolaren zu finden. In von Bonsdorffs Studie zeigten die palatinalen Wurzeln des 2. Prämolaren mit 42.9 %, eine grosse Tendenz, in den Sinus maxillaris zu reichen, während in der vorliegenden Studie keine einzige palatinale Wurzel des 2. Prämolaren die Kieferhöhle erreichte. Dens Prämolares II besitzen gemäss dem Lehrbuch von Schumacher (29) mit über 15 % zwei Wurzeln. Von Bonsdorff fand mit 10.9 % und die vorliegende Studie mit 14.3 % ähnliche Häufigkeiten von zweiwurzligen oberen zweiten Prämolaren.

Zahn	Lokalisation	N (von Bonsdorff)	Anteil in % Resultate von Bonsdorff	N (vorliegende Studie)	Anteil in % Resultate vorliegende Studie
Eckzahn		77	5.3	72	0.0
1. Prämolare	bukkal	68	0.0	70	2.9
1. Prämolare	palatinal	68	0.0	52	1.9
2. Prämolare	bukkal	57	17.5	66	12.2
2. Prämolare	Zweiwurzlig palatinal	7	42.9	11	0.0
1. Molar	mesiobukkal	48	25.0	70	30.4
1. Molar	palatinal	48	39.6	71	35.5
1. Molar	distobukkal	48	27.1	70	34.2
2. Molar	mesiobukkal	48	53.2	66	40.5
2. Molar	palatinal	48	38.3	69	23.2
2. Molar	distobukkal	48	29.8	61	27.7

**Abb. 24:** Daten von Per von Bonsdorff aus dem Jahr 1925 im Vergleich mit den Daten aus Kapitel 4.4: Wahrscheinlichkeit, dass eine Wurzel in die Kieferhöhle hineinragt.

Diejenige Wurzel, die am häufigsten in die Kieferhöhle hineinragte, war die mesiobukkale Wurzel der 2. Molaren. Selten ragten die Wurzeln von Eckzähnen und 1. Prämolaren in den Sinus maxillaris.

Per van Bonsdorff (15) kam in seinen Untersuchungen ausserdem zum Ergebnis, dass die grösste Distanz zwischen dem Apex und der Kieferhöhle bei der bukkalen Wurzel des ersten Prämolaren zu finden ist, die kleinste Distanz bei der mesiobukkalen Wurzel des zweiten Mola-

ren. Übereinstimmend mit Bonsdorffs Resultaten fand auch die Eberhardt et al. (13) 1992 die kürzesten Distanzen von 0.8 mm bei den mesiobukkalen Wurzeln der zweiten Molaren und 7.1 mm bei den bukkalen Wurzeln der ersten Prämolaren, gemessen an 38 Computertomogrammen und 12 in vitro Messungen an Präparaten. Diese Werte stimmen mit den in dieser Studie gemessenen Distanzen von 2.2 mm respektive 7.8 mm weitgehend überein. Die leicht höheren Werte könnten dadurch zustande kommen, dass bei den Messungen der vorliegenden Studie die durchschnittliche Knochendicke aller Zähne, welche auch tatsächlich im Knochen stehen, errechnet wurden. Mit dem Apex im Sinus maxillaris stehende Zähne wurden nicht einbezogen. Weder in der Studie von Per von Bonsdorff noch von Eberhardt et al. finden sich Hinweise darauf, ob die negativ gemessenen Werte von in den Sinus maxillaris hineinragenden Zähnen für die Durchschnittsberechnung mitgerechnet wurden.

Zahn	Lokalisation	Mean (mm) bei von Bonsdorff	Mean (mm) bei Eberhardt	Mean (mm) der vorliegenden Studie
Eckzahn		7.1	-	-
1. Prämolare	bukkal	8.2	7.1	7.8
1. Prämolare	palatinal	7.5	6.2	6.7
2. Prämolare	bukkal	2.8	2.9	4.1
2. Prämolare	palatinal	1.9		5.5
1. Molar	mesiobukkal	3.1	2.8	2.7
1. Molar	palatinal	2.7	1.6	3.0
1. Molar	distobukkal	2.9	2.8	2.6
2. Molar	mesiobukkal	1.4	0.8	2.2
2. Molar	palatinal	1.9	2.0	3.0
2. Molar	distobukkal	2.5	2.0	2.3

**Abb. 25:** Daten von Per von Bonsdorff aus dem Jahr 1925, Eberhardt 1992 und diejenigen der vorliegenden Studie im Vergleich: Messung der Distanz zwischen Wurzelapex und Sinusboden

Die Daten von Per von Bonsdorff zeigten dagegen sowohl höhere als auch tiefere Werte. Diese könnten dadurch zustande gekommen sein, dass die Studie direkt an menschlichen Präparaten vorgenommen wurde und nicht an digitalen Bildverarbeitungsprogrammen. Per von Bonsdorff (15) schreibt in seiner Arbeit: „In den Materialverzeichnissen des anatomischen Institutes finden sich Angaben über das Alter und das Geschlecht der einzelnen zu den Präparierübungen verwendeten Subjekte, und zwar wechselt das Alter von 16 Jahren, mit noch im Kiefer verborgenem Mahlzahne, bis zum Greisenalter mit Ausfall sämtlicher Zähne und entsprechendem Schwund der Kiefersubstanz. Da indessen die von mir untersuchten Präparate vorher schon den Studierenden als Präparierobjekte gedient hatten, wobei fast ausnahmslos ihre Nummer-

bezeichnung verloren gegangen war, habe ich bei den einzelnen Präparaten Alter und Geschlecht der betreffenden Individuen nicht mehr genau feststellen können.“ Es lässt sich also nicht feststellen, ob die leicht unterschiedlichen Werte aufgrund eines älteren Patientengutes als in der vorliegenden Studie zustande gekommen sein könnten.

Zu etwas unterschiedlichen Werten kamen Kwak et al. (14), die bei CT-Messungen von 33 hemisektionierten koreanischen Schädeln bei der distobukkalen Wurzel des Dens Molaris II die kürzeste Entfernung gemessen hatten und die grösste Entfernung bei der palatinalen Wurzel des Dens Prämolars I mit 6.27 mm. Der Abstand der Wurzeln zum Kieferhöhlenboden scheint bei dieser koreanischen Untersuchung grösser zu sein, die Differenz zwischen den maximalen und minimalen Werten dagegen kleiner, was sich am ehesten durch ethnische Unterschiede zwischen Europäern und Koreanern erklären lässt.

Radojevic et al. (8) beschrieben im Vergleich zu von Bonsdorffs Studie und der vorliegenden Studie deutlich geringere Häufigkeiten von in den Sinus maxillaris hineinragenden Zahnwurzeln: Eckzahn 1 %, 1. Prämolars 1 %, 2. Prämolars 4 %, 1. Molar 20 %, 2. Molar 24 %. In seiner Übersicht gab er nicht an, welche Wurzeln mit welcher Wahrscheinlichkeit in die Kieferhöhle hineinragen, so dass sich seine Daten nur teilweise mit denjenigen der anderen Studien vergleichen lassen. Für die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Studie wurde untersucht, wie häufig bei einem Zahntyp eine oder mehrere Wurzeln in den Sinus maxillaris hineinragen. Für die Praxis sind diese Angaben relevanter, da aus ihnen leichter ersichtlich wird, wie hoch das Risiko einer Verbindung zum Sinus maxillaris bei einer Extraktion oder Wurzelbehandlung ist (Abb.26).

Zahn	Anteil in % Resultate Radojevic	Anteil in % Resultate vorliegende Studie
Eckzahn	1%	0%
1. Prämolars	1%	4.3%
2. Prämolars	4%	12.2%
1. Molar	20%	45.1%
2. Molar	24%	47.1%

**Abb. 26:** Daten von Radojevic im Vergleich mit den Daten der vorliegenden Studie  
Wahrscheinlichkeit, dass ein Zahn in die Kieferhöhle hineinragt.

Die Wurzeln der Molaren ragten in beiden Studien häufiger in die Kieferhöhle als die Wurzeln der Prämolaren und des Eckzahns. Radojevic et al. beschrieben ausserdem folgenden Zusammenhang: In den Sinus maxillaris vorspringende Zahnwurzeln sind häufiger und markanter

in Fällen, wo der Kieferhöhlenboden sehr tief in den Alveolarfortsatz des Oberkiefers hineinreicht. Aufgrund histologischer Untersuchungen berichtete er über eine extrem dünne Knochenlamelle, die sich über die in den Sinus maxillaris hineinragenden Zähne erstreckte, wobei die Lamelle mit vielen Dehiszenzen für die Versorgung mit Gefässen und Nerven durchlöchert war. Genau dasselbe Phänomen beschrieben auch Wehrbein und Diedrich (30) nach mikroskopischer Betrachtung von 20 Schädelpräparaten. Dem Betrachter einer solchen in die Kieferhöhle hineinragenden Zahnwurzel auf einem Röntgenbild bleibt diese sehr dünne Knochenlamelle kranial der Wurzel verborgen. Dies bestätigten Wehrbein und Diedrich (30) ebenfalls in derselben Studie, in der sie genau diese Region zusätzlich mit Röntgenbildern untersuchten.

Hinweise, dass die palatinalen Wurzeln von Molarenwurzeln im Oberkiefer während endodontischen Operationen Probleme verursachen können, gab Wallace (31), der in seiner Studie angab, dass die palatinale Wurzel des maxillären 1. Molaren am häufigsten von allen Wurzeln in den Sinus maxillaris ragte. Watzek et al. (32) unterstrich diese Aussage mit der Behauptung, dass die beiden palatinalen Molarenwurzeln in 20 % der Fälle mit der Kieferhöhle kommunizierten. Die vorliegende Studie geht von einer höheren Prävalenz von in den Sinus maxillaris hineinragenden palatinalen Wurzeln aus. Bei den 1. Molaren lagen die palatinalen Wurzeln in 35.5 % und bei den 2. Molaren in 23.2 % der Fälle in der Kieferhöhle. Aus der vorliegenden Arbeit lässt sich schliessen, dass besondere Vorsichtsmassnahmen bei endodontischen Eingriffen für Oberkiefermolaren gelten. Im Gegensatz zu Wallace und Watzek fanden von Bonsdorff (15) und die vorliegende Studie die mesiobukkale Wurzel des 2. Molaren am häufigsten im Sinus maxillaris.

Eine Vergrösserung des Kieferhöhlenvolumens im Alter durch Alveolarknochenresorption wird im Buch „The maxillary sinus and its dental implications“ von Killey (21) geschildert. Aufgrund dieses Zusammenhangs könnte man annehmen, dass sich durch die im Alter auftretenden adaptiven Alveolarknochenresorptionen mehr Zahnwurzeln in der Kieferhöhle befinden, es sei denn, dass gleichzeitig der zahntragende Alveolarkamm ebenfalls nach kaudal wächst, wofür sich bei Bernard (16) ein entsprechender Hinweis findet. Jun et al. (10) behaupteten, dass der Sinus zwischen dem 21. und 30. Lebensjahr eine Position von 7.02 mm ( $\pm 2.87$  mm) kaudal des Nasenbodens erreichte und damit seine tiefste Stelle. Nachfolgend beschrieben sie einen nur leichten, nicht signifikanten Rückzug des Sinus maxillaris.

Ein Knochenwachstum in der reiferen Erwachsenenzeit und in der Jugendzeit nach Einsetzen von einem oder mehreren Fronzahnimplantaten wurde an 14 Jugendlichen im Alter von 15.5 bis

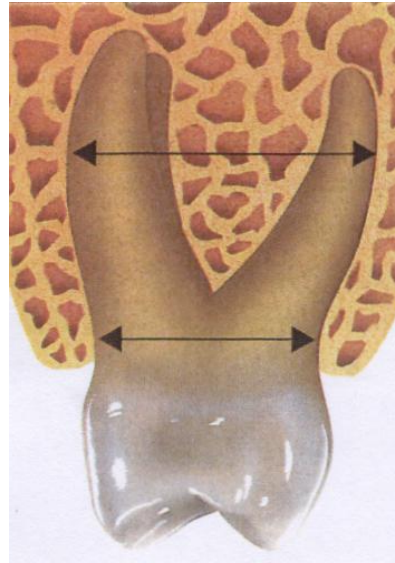
21 Jahren und 14 Erwachsenen im Alter von 40 bis 55 Jahren festgestellt (16). Bernard beobachtete in seiner Studie in einem Zeitraum von 4.2 Jahren nach Einsetzen eines Implantats in den anterioren Alveolarknochen ein vertikales Wachstum bei der „jungen Gruppe“ von 0.1 bis 1.65 mm und bei der „älteren Gruppe“ von 0.12 bis 1.86 mm, gemessen an der in der Studie so genannten „Infraokklusion“ des Implantats gegenüber den Nachbarzähnen. Diese Messungen weisen auf ein vertikales Wachstum auch nach dem 20. Lebensjahr hin, wobei die Untersuchungsgruppe klein war. Sie stehen im Gegensatz zu den Untersuchungen von Oesterle und Cronin (17), die ein durchschnittliches vorwärts- und abwärtsgerichtetes Wachstum der Maxilla von 1mm während einer Periode von 60 Jahren nach dem Wachstumsende beschrieben, wobei einzelne Individuen bis zu 5 mm Knochenzuwachs zeigten.

In der vorliegenden Studie fanden sich keine Hinweise eine altersabhängige Vergrösserung des Sinus maxillaris oder eine signifikante Zu- oder Abnahme der Knochendicke kranial der Zahnwurzeln mit dem Alter. Auch eine Beziehung zwischen Geschlecht und der Knochendicke zwischen Zahnapex und Sinus maxillaris konnte nicht festgestellt werden. Für die Beantwortung dieser Frage wäre ein deutlich grösseres Patientengut erforderlich.

Im klinischen Alltag sind Kenntnisse über diese Resultate vor allem wichtig für Extraktionen und Wurzelfüllungen. Auch eine Sinusinfektion über eine bis zum Apex reichenden Parodontalerkrankung muss bei einseitigen Kieferhöhlenaffektionen als mögliche Ursache abgeklärt werden.

#### 5.4 Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus

In vielen Lehrbüchern und publizierten Artikeln finden sich Abbildungen von Querschnitten durch den Alveolarfortsatz, wobei meist eine nach apikal kontinuierlich zunehmende Knochendicke dargestellt wird.



**Abb. 27:** Beispiel aus dem Lehrbuch Implantologie von Hubertus Spiekermann(33) eines oberen 1. Molaren

Wie in Kapitel 4.6 geschildert, stieg die Knochendicke auf der palatinalen Seite der Frontzähne kontinuierlich von Beginn des Knochens auf Zahnhöhe bis zum Wurzelende an. Im Seitenzahnbereich war diese zunehmende Knochendicke von cervikal nach apikal aber nicht mehr regelmässig zu beobachten. Bukkal verlief der Knochen ebenfalls nicht überall gleich. Bukkal der Frontzähne nahm immer zuerst das Knochenangebot zu, dann leicht ab und verbreiterte sich zur Wurzelspitze noch einmal. Im Seitenzahnbereich war dieses Phänomen bukkal nicht vorhanden, Schwankungen in der Knochendicke aber dennoch gut ersichtlich. Das in Lehrbüchern dargestellte Schema (z.B. Abb. 27) entspricht also nicht ganz der natürlichen Anatomie.

Ähnliche Messungen im DVT wie in der vorliegenden Studie machten Januário et al. (23) in einer aktuellen Studie: Jeweils 1, 3 und 5 mm apikal des Alveolarkamms massen sie die bukkale Knochenwand und kamen zu folgenden Ergebnissen (vergleiche Tabelle 28).

Messung apikal vom Alveolarkamm	Bukkale Knochendicke		
	1. Inzisivus	2. Inzisivus	Caninus
<b>1 mm apikal</b> (Januário et al. Studie)	0.6 mm	0.7 mm	0.6 mm
<b>0.9 mm apikal</b> (vorliegende Studie)	0.9 mm	0.9 mm	0.7 mm
<b>3 mm apikal</b> (Januário et al. Studie)	0.6 mm	0.7 mm	0.6 mm
<b>2.7 mm apikal</b> (vorliegende Studie)	1.0 mm	1.0 mm	0.8 mm
<b>5 mm apikal</b> (Januário et al. Studie)	0.5 mm	0.5 mm	0.6 mm
<b>5.4 mm apikal</b> (vorliegende Studie)	0.7 mm	0.7 mm	0.6 mm

**Abb. 28:** Dimensionen des bukkalen Alveolarknochens. Vergleich zwischen der Studie von Januário et al. und der vorliegenden Studie.

Da die Daten in der vorliegenden Studie jeweils auf Höhe von 0.9 mm, 2.7 mm und 5.4 mm nach apikal des Alveolarkamms gemessen wurden, sind sie nicht ganz vergleichbar. Durchgehend zeigen sich aber in der vorliegenden Studie, dass der Knochen etwas dicker war als in der Studie von Januário et al. Die Knochendicke der bukkalen Alveolarwand variierte ebenfalls nicht mit dem Alter.

Von Interesse waren die bukkalen und palatinalen Knochendimensionen der Frontzähne und Prämolaren auch in der Arbeit von Huynh-Ba et al. (22), der diese Messung an 93 Patienten aufgrund einer Untersuchung über sofortiges Implantieren nach einer Extraktion tätigte. Er mass bukkal der Frontzähne Knochendicken von durchschnittlich 0.8 mm (0.5 - 2 mm, SD 0.4 mm) und stützt damit die Behauptung dieser Studie, dass oft weniger als 1 mm Knochen bukkal des Alveolarkamms im Bereich der Frontzähne vorhanden ist. Einen signifikanten Unterschied fand er zwischen der bukkalen Knochendimension bei Frontzähnen im Vergleich zu Prämolaren. Im Bereich der Dentes Præmolares betrug die Knochendicke im Durchschnitt 1.1mm. Dieser Wert deckt sich weitgehend mit den Resultaten in der vorliegenden Studie (Abb. 29). Palatinal der Frontzähne und Prämolaren war in Huynh-Bas Studie weniger Knochendicke zu verzeichnen. Die Werte dieser Analyse weichen palatinal im Frontzahnbereich und im Prämolarenbereich ab. Man könnte die unterschiedlichen Resultate darauf zurückführen, dass Huynh Ba et al. die Messungen an zu extrahierenden Zähnen vorgenommen haben und deswegen parodontale Schädigungen der extrahierten Zähne angenommen werden können. In der

genannten Arbeit aber erwähnt das Team, dass Patienten mit unkontrollierter Parodontitis, Karies, Alkohol- oder Drogenmissbrauch etc. aus der Studie ausgeschlossen wurden.

Studie von Huynh Ba				Vorliegende Studie			
Untersuchter Wert	Mean	SD	95 % CI	Untersuchter Wert	Mean	SD	95 % CI
Fronzähne bukkal	0.8	0.4	(0.5; 2.0)	1er bukkal	0.73	0.6	(0.69; 0.77)
				1er palatinal	3.42	2.2	(3.28; 3.57)
				2er bukkal	0.76	0.6	(0.72; 0.81)
Frontzähne palatinal	1.2	0.7	(0.5; 3.5)	2er palatinal	2.77	1.8	(2.65; 2.89)
				3er bukkal	0.62	0.6	(0.58; 0.65)
				3er palatinal	2.82	1.9	(2.70; 2.95)
Prämolaren bukkal	1.1	0.5	(0.5; 3.0)	4er bukkal	0.66	0.6	(0.62; 0.70)
				4er palatinal	2.17	1.8	(2.05; 2.29)
Prämolaren palatinal	1.3	6.0	(0.5; 3.5)	5er bukkal	1.58	0.9	(1.51; 1.65)
				5er palatinal	2.51	1.6	(2.39; 2.63)

**Abb. 29:** Vergleich der durchschnittlichen Knochendicke der Studie von Huynh-Ba et al (22) und der vorliegenden Studie

Die Studie von Wishart et al. (24) aus dem Jahr 1994 befasst sich mit dem Einfluss des Alters auf die Knochendichte bei 147 Männern. Sie massen die Knochendichte am Vorderarm, in lumbalen und cervikalen Wirbelkörpern und im Trochanter major. Die erhaltenen Werte setzten sie mit dem Alter der freiwilligen Probanden in Beziehung und entdeckten dabei einen beschleunigten Knochenabbau bei Männern über 50, welcher auf eine verminderte Knochenbildung im Vergleich zur gleichbleibenden Knochenresorption zurückzuführen war. Im Gegensatz dazu ist, gemäss einer Analyse von Nordin und Polley (34), der Knochenverlust bei Frauen über 50 auf eine signifikante Zunahme der Knochenresorption zurückzuführen. Da sich die vorliegende Studie aber nicht mit Knochendichte, sondern mit Knochendicke auseinandersetzt, kann kein direkter Vergleich mit der Studie von Wishart et al. gemacht werden.

Die Analyse von Bernard (16) ergab auch im reifen Erwachsenenalter vertikale Wachstumsvorgänge durch remodellierende Prozesse im Knochen. In der vorliegenden Studie konnte mit zunehmendem Alter eine Abnahme der Knochendicke festgestellt werden, wobei dies statistisch lediglich für den Seitenzahnbereich und bukkal signifikant war. Im Frontzahnbereich zeigten sich keine Dimensionsveränderungen mit zunehmendem Alter.



Studien zum Wachstum finden sich vor allem in der kieferorthopädischen Literatur. Forsbergs et al. (25) untersuchten in einer Studie die Veränderung der Gesichtshöhe und den Zahndurchbruch bei 30 Erwachsenen zwischen 25 und 45 Jahren. Sie berichteten über eine totale anteriore Gesichtshöhenvergrösserung von 1.6 mm im Durchschnitt. Ungefähr ein Fünftel dieser Zunahme war auf die obere und vier Fünftel auf die untere Gesichtshöhe zurückzuführen. In den alveolären Regionen fanden sie signifikante Vergrösserungen von allen Dimensionen, so zum Beispiel anterior eine Zunahme der Distanz Spina nasalis anterior zur Inzisalkante des oberen 1. Schneidezahns. Diese Zunahme setzt sich aus dem Abwärtswachstum der Maxilla und der Eruption der Inzisiven zusammen, wobei die Aufteilung des Wachstums auf die Maxilla und den Alveolarfortsatz nicht bekannt ist. Die Resultate unterschieden sich nicht zwischen Männern und Frauen.

Diese vertikale Zunahme mit dem Alter lässt sich aber nicht auf die horizontalen Knochendicken übertragen. In der vorliegenden Studie fand sich eine Abnahme der horizontalen Knochendicke bei den älteren Probanden nur im Bereich des bukkalen Alveolarknochens. Die palatinale Knochendicke sowie der Knochen im Frontzahnbereich zeigten hingegen keine Veränderung im Alter.

In der Klinik ist der Verlauf des den Zahn bedeckenden Alveolarknochens bei Extraktionen, kieferorthopädischen Zahnbewegungen und beim Setzen von Implantaten von grosser Wichtigkeit. Gerade im Frontzahnbereich kann man nicht von einer kontinuierlich zunehmenden Knochendicke ausgehen, sondern muss mit sehr dünnen Knochenwänden im Bereich unter 0.5 mm rechnen. Laut Araújo & Lindhe (35) ist nach Extraktion eines Frontzahns mit einem Verlust dieses zahnabhängigen Knochens (bundle bone) zu rechnen.

## 6 Literaturverzeichnis

- (1) Sharan A, Madjar D. Correlation between maxillary sinus floor topography and related root position of posterior teeth using panoramic and cross-sectional computed tomography imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; **102**: 375-381.
- (2) Freisfeld M, Drescher D, Schellmann B, Schüller H. [The maxillary sixth-year molar and its relation to the maxillary sinus. A comparative study between the panoramic tomogram and the computed tomogram]. *Fortschr Kieferorthop* 1993; **54**: 179-186.
- (3) Bouquet A, Coudert J, Bourgeois D, Mazoyer J, Bossard D. Contributions of reformatted computed tomography and panoramic radiography in the localization of third molars relative to the maxillary sinus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; **98**: 342-347.
- (4) Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini P, Andreis I. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998; **8**: 1558-1564.
- (5) Cohnen M, Kemper J, Möbes O, Pawelzik J, Mödder U. Radiation dose in dental radiology. *Eur Radiol* 2002; **12**: 634-637.
- (6) Ziegler C, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; **31**: 126-130.
- (7) Lemkamp M, Filippi A, Berndt D, Lambrecht J. [Diagnostic possibilities of digital volume tomography]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2006; **116**: 645-653.
- (8) Radojevic S, Jovanovic S, Lotric N. Contribution to the Study of the Relation of the Maxillary Sinus to Maxillary Teeth. *Acta Anat (Basel)* 1964; **56**: 120-130.
- (9) Reschreiter C, ed. *Zur Morphologie des Sinus Maxillaris*. Stuttgart, zitiert nach Radojevic S, Jovanovic S, Lotric N. [Contribution to the Study of the Relation of the Maxillary Sinus to Maxillary Teeth.] *Acta Anat (Basel)* 1964; **56**: 120-130. und Killey H, ed. *The Maxillary Sinus and its Dental Implications*. Bristol. John Wright & Sons limited:1975.: 1878.
- (10) Jun B, Song S, Park C, Lee D, Cho K, Cho J. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process; volume assessment by 3-dimensional reconstruction by high-resolucional CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005; **132**: 429-434.
- (11) Schuh E, Schmiedl R, Vogel G. [Anatomic limits of endosseous dental implantation]. *Z Stomatol* 1984; **81**: 81-90.
- (12) Matilla K. Roentgenological investigations of the relationship between periapical lesions and conditions of the mucous membrane of the maxillary sinuses. *Acta Odontologica Scandinavica* 1965; **23**: 42-46.
- (13) Eberhardt J, Torabinejad M, Christiansen E. A computed tomographic study of the distances between the maxillary sinus floor and the apices of the maxillary posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; **73**: 345-346.
- (14) Kwak H, Park H, Yoon H, Kang M, Koh K, Kim H. Topographic anatomy of the inferior wall of the maxillary sinus in Koreans. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004; **33**: 382-388.
- (15) von Bonsdorff P, ed. *Untersuchungen über Massverhältnisse des Oberkiefers mit spezieller Berücksichtigung der Lagebeziehungen zwischen den Zahnwurzeln und der Kieferhöhle*. Helsingfors: 1925.

- (16) Bernard J, Schatz J, Christou P, Belser U, Kiliaridis S. Long-term vertical changes of the anterior maxillary teeth adjacent to single implants in young and mature adults. A retrospective study. *J Clin Periodontol* 2004; **31**: 1024-1028.
- (17) Oesterle L, Cronin RJ. Adult growth, aging, and the single-tooth implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; **15**: 252-260.
- (18) Hauman C, Chandler N, Tong D. Endodontic implications of the maxillary sinus: a review. *Int Endod J* 2002; **35**: 127-141.
- (19) Wehrbein H, Diedrich P. [Progressive pneumatization of the basal maxillary sinus after extraction and space closure]. *Fortschr Kieferorthop* 1992; **53**: 77-83.
- (20) HARRISON D. Oro-antral fistula. *Br J Clin Pract* 1961; **15**: 169-174.
- (21) Killey H, ed. *The Maxillary Sinus and its Dental Implications*. Bristol. John Wright & Sons limited: 1975.
- (22) Huynh-Ba G, Pjetursson B, Sanz M, et al. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res* 2010; **21**: 37-42.
- (23) Januário AL, Duarte WR, Barriviera M, Mesti JC, Araújo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res* 2011.
- (24) Wishart J, Need A, Horowitz M, Morris H, Nordin B. Effect of age on bone density and bone turnover in men. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1995; **42**: 141-146.
- (25) Forsberg C, Eliasson S, Westergren H. Face height and tooth eruption in adults--a 20-year follow-up investigation. *Eur J Orthod* 1991; **13**: 249-254.
- (26) Barghouth G, Prior JO, Lepori D, Duvoisin B, Schnyder P, Gudinchet F. Paranasal sinuses in children: size evaluation of maxillary, sphenoid, and frontal sinuses by magnetic resonance imaging and proposal of volume index percentile curves. *Eur Radiol* 2002; **12**: 1451-1458.
- (27) Graney D, ed. *Anatomy. In: Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, et al. Otolaryngology - head and neck surgery*. St. Louis, MO: 1998.
- (28) Bailey B, ed. *Head and Neck Surgery - Otolaryngology*. Philadelphia, USA, Lippincott-Raven Publishers: 1998.
- (29) Schumacher G-H, ed. *Anatomie, Lehrbuch und Atlas*. Leipzig: 1991.
- (30) Wehrbein H, Diedrich P. [The initial morphological state in the basally pneumatized maxillary sinus--a radiological-histological study in man]. *Fortschr Kieferorthop* 1992; **53**: 254-262.
- (31) Wallace J. Transantral endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; **82**: 80-83.
- (32) Watzek G, Bernhart T, Ulm C. Complications of sinus perforations and their management in endodontics. *Dent Clin North Am* 1997; **41**: 563-583.
- (33) Spiekermann H, Rateitschak KH, Wolf HF, eds. *Implantologie*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag: 1994.
- (34) Nordin B, Polley K. Metabolic consequences of the menopause. A cross-sectional, longitudinal, and intervention study on 557 normal postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1987; **41 Suppl 1**: S1-59.

- (35) Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005; **32**: 645-652.

## **7 Danksagung**

Ohne die Unterstützung vieler Leute wäre meine Dissertation nie in dieser Form zustande gekommen. Zuerst richte ich meinen Dank an meinen Betreuer Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Michael Locher, der mich während des ganzen Prozesses betreute und mir immer wieder neue spannende Denkanstösse gab. Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Grätz für die Überlassung des Themas und die Durchsicht der Arbeit und Frau Dr. M. Roos für die grossartige und kompetente Beratung in Statistikfragen. Frau H. Eschle danke ich herzlich für die sachkundige Hilfe bei der Literatursuche und den Sekretärinnen und Mitarbeiterinnen der Chirurgischen Poliklinik Zürich die wertvollen Bemühungen beim Suchen von Krankengeschichten. Ein grosser Dank gilt auch meiner Familie, welche mich bei der Durchsicht des Manuskripts unterstützte und mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

## 8 Anhang

### 8.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Untersuchter Wert	N(Total=50)	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Rel. Häufigkeit
Alter Frauen	27	42.05	17.1	(35.3; 48.8)	13.27	83.44	54%
Alter Männer	23	35.79	15.2	(29.2; 42.4)	16.01	68.53	46%

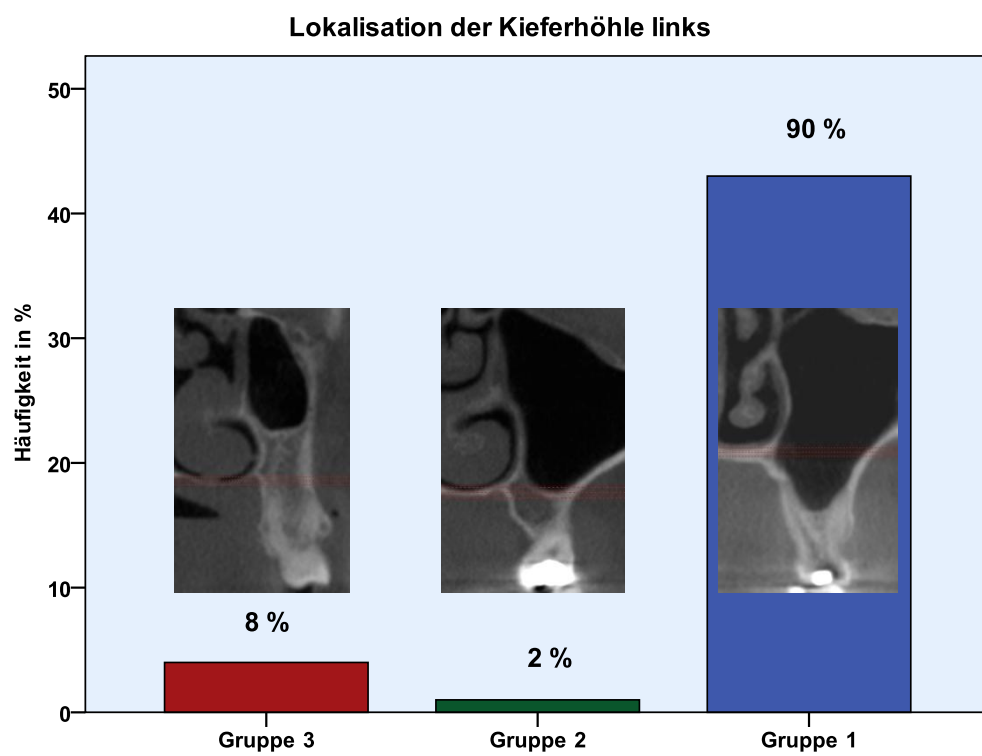
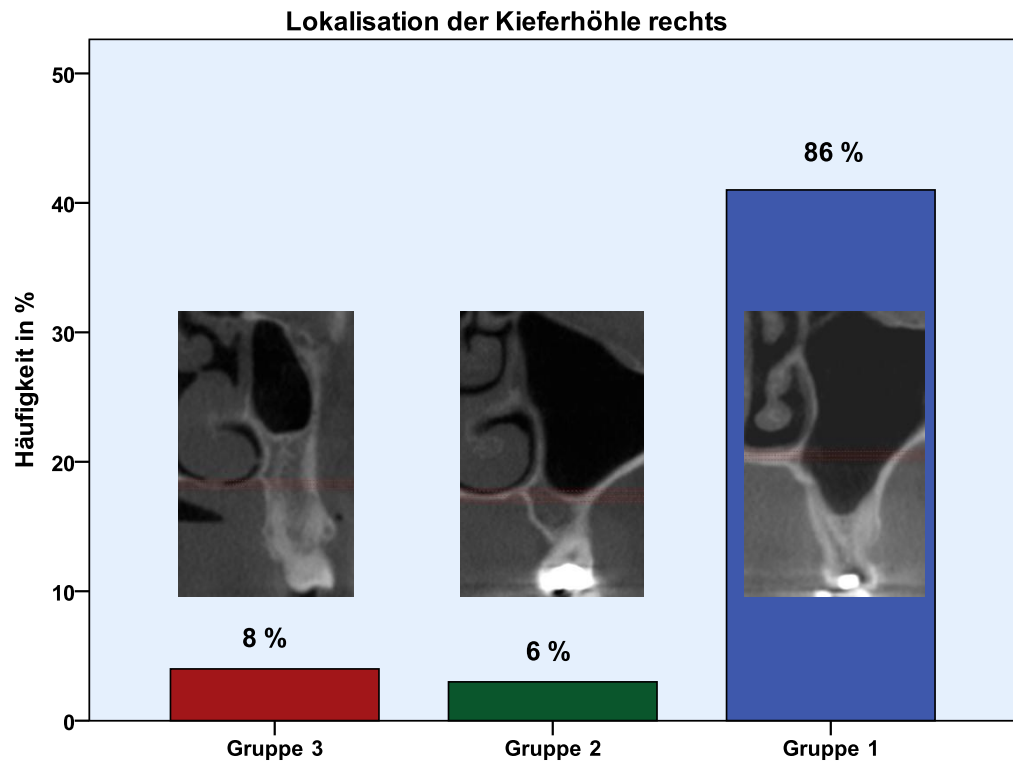
### 8.2 Lokalisation des Kieferhöhlenbodens in Relation zum Nasenhöhlenboden

#### 8.2.1 Deskriptive Statistik

Untersuchter	N	Mean	SD	95% CI	Min	Max
Rechts	48	5.71	4.5	(4.4; 7.0)	-10.2	14.4
Links	48	6.52	4.2	(5.3; 7.7)	-3.0	15.3

#### 8.2.2 Relative und Absolute Häufigkeiten

Untersuchter Wert	N	H 3	H2	H1	P3%	P2%	P1%	CI95%3	CI95%2	CI95%1
Nase-Sinus re	50	4	3	41	8.0	6.0	86	(2.1; 16.7)	(0; 14.6)	(75; 93.8)
Nase-Sinus li	50	4	1	43	8.0	2.0	90	(2.1; 16.7)	(0; 6.3)	(81.3; 97.9)



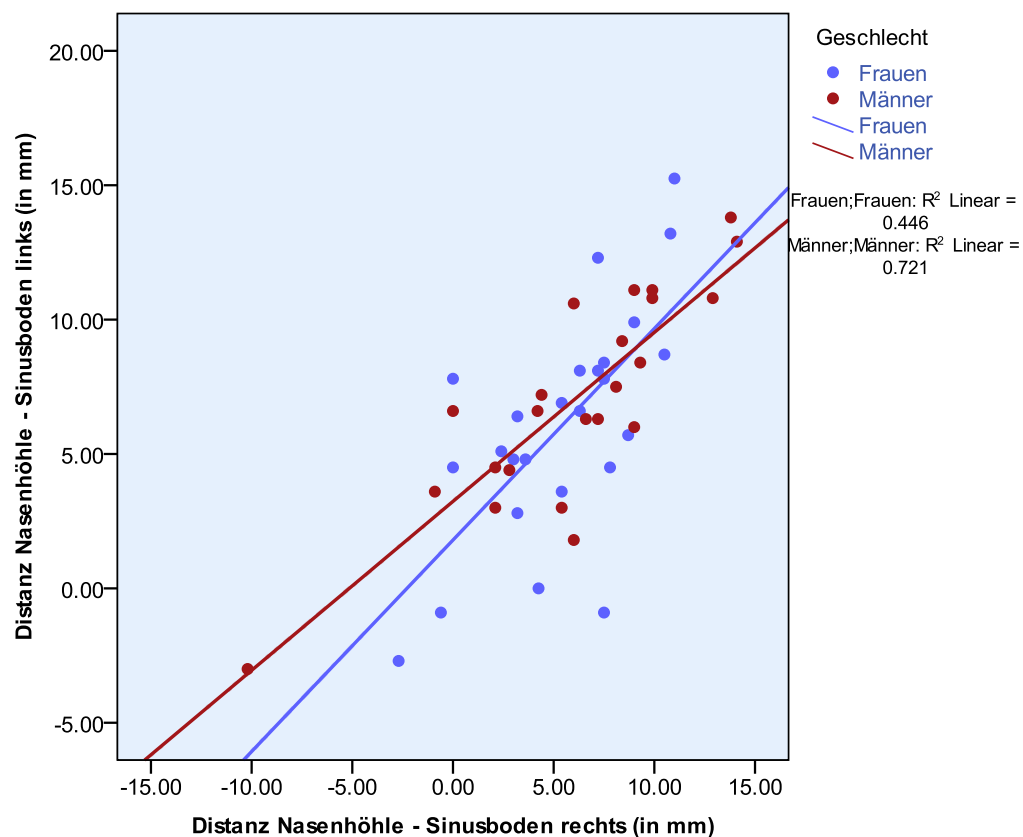
### 8.2.3 Zusammenhang Lokalisation des KH-Bodens und Geschlecht (2-Stichproben T-Test)

Untersuchter Wert	N_Frauen	N_Männer	p-Wert	Mittl. Diff.	CI 95 %
Distanz Nasenhöhle/Sinusboden	25	23	0.592	-0.713	(-3.38; 1.95)
Distanz Nasenhöhle/Sinusboden li	25	23	0.395	-1.035	(-3.46; 1.39)

### 8.2.4 Zusammenhang Alter und Lokalisation Nasenhöhlenboden (Korrelation nach Spearman)

Untersuchter Wert	N	p-Wert	Korr.koeff.
Distanz Nasenhöhle Sinusboden re – Alter	48	0.923	-0.14
Distanz Nasenhöhle Sinusboden li - Alter	48	0.897	0.19

### 8.2.5 Zusammenhänge von Lokalisation des Nasenbodens mit dem Alter und dem Geschlecht zusammen (Zweifach lineare Regression)





### 8.3 Beurteilung der anterioren Ausdehnung des Sinus maxillaris

#### 8.3.1 Relative und Absolute Häufigkeiten, rechter Sinus maxillaris

Untersuchter Wert	N (Total = 40)	Rel. Häufigkeit	CI95%
12 zentral	1	2.5%	(0; 7.9)
13 mesial	4	10%	(0; 13.2)
13 zentral	1	2.5%	(0; 7.9)
13 distal	9	22.5%	(10.5; 36.8)
14 mesial	11	27.5%	(15.8; 42.1)
14 zentral	4	10%	(2.6; 21.1)
14 distal	5	12.5%	(2.6; 23.7)
15 mesial	3	7.5%	(0; 15.8)
15 zentral	1	2.5%	(0; 7.9)
15 distal	1	2.5%	(0; 7.9)

#### 8.3.2 Relative und Absolute Häufigkeiten, linker Sinus maxillaris

Untersuchter Wert	N (Total =39)	Rel. Häufigkeit	CI95%
22 zentral	1	2.6%	(0; 7.9)
23 mesial	3	7.7%	(0; 18.4)
23 zentral	1	2.6%	(0; 7.9)
23 distal	9	23.1%	(10.5; 36.8)
24 mesial	11	28.2%	(15.8; 44.7)
24 zentral	3	7.7%	(0; 18.4)
24 distal	6	15.4%	(2.6; 23.7)
25 mesial	3	7.7%	(0; 15.8)
25 zentral	2	5.1%	(0; 13.2)

## 8.4 Relation der Zahnwurzeln zum Sinusboden

### 8.4.1 Relative und Absolute Häufigkeiten

**Gruppe 1=** Wurzelspitze ragt in Sinus/Nasenhöhle hinein

**Gruppe 2=** Wurzelspitze befindet sich auf gleicher Höhe wie Sinus/Nasenhöhle

**Gruppe 3=** Wurzelspitze befindet sich im Knochen kaudal des Sinus/Nasenhöhle

Untersucher Wert	N=total	H1	H2	H3	P1%	P2%	P3%	CI95% - 1	CI95% - 2	CI95% - 3
17 mesiobukkal	36	16	6	14	44.4	16.7	38.9	(27.8; 61.1)	(5.6; 27.8)	(22.2; 55.6)
17 palatinal	36	8	6	22	22.2	16.7	61.1	(8.3; 36.1)	(5.6; 30.6)	(44.4; 75)
17 distobukkal	33	10	10	13	30.3	30.3	39.4	(15.2; 45.5)	(15.2; 45.5)	(21.2; 57.6)
16 mesiobukkal	38	10	6	22	26.3	15.8	57.9	(13.2; 42.1)	(5.3; 28.9)	(42.1; 73.7)
16 palatinal	38	12	4	22	31.6	10.5	57.9	(15.8; 47.4)	(2.6; 21.1)	(42.1; 73.7)
16 distobukkal	37	13	4	20	35.1	10.8	54.1	(21.6; 51.4)	(2.7; 21.6)	(37.8; 70.3)
15 bukkal	34	4	7	23	11.8	20.6	67.6	(2.9; 23.5)	(8.8; 35.3)	(50; 82.4)
15 palatinal	11	0	2	9	0	18.2	81.8	0	(0; 45.5)	(54.5; 100)
14 bukkal	35	1	1	33	2.9	2.9	94.3	(0; 8.6)	(0; 8.6)	(85.7; 100)
14 palatinal	26	0	2	24	0	7.7	92.3	0	(0; 19.2)	(80.8; 100)
24 bukkal	35	1	1	33	2.9	2.9	94.3	(0; 8.6)	(0; 8.6)	(85.7; 100)
24 palatinal	26	1	2	23	3.8	7.7	88.5	(0; 11.5)	(0; 19.2)	(76.9; 100)
25 bukkal	32	4	5	23	12.5	15.6	71.9	(3.1; 25)	(3.1; 28.1)	(56.3; 87.5)
25 palatinal	9	0	2	7	0	22.2	78.8	0	(0; 55.6)	(44.4; 100)
26 mesiobukkal	32	11	6	15	34.4	18.8	46.9	(18.8; 53.1)	(6.3; 34.4)	(31.3; 65.6)
26 palatinal	33	13	3	17	39.4	9.1	51.5	(24.4; 57.5)	(0; 18.2)	(34.6; 69.7)
26 distobukkal	33	11	8	14	33.3	24.2	42.4	(18.2; 51.5)	(9.1; 39.4)	(27.3; 60.6)
27 mesiobukkal	30	11	6	13	36.7	20	43.3	(20; 53.3)	(6.7; 36.7)	(26.7; 60)
27 palatinal	33	8	2	23	24.2	6.1	69.7	(12.1; 39.4)	(0; 15.2)	(54.5; 84.8)
27 distobukkal	28	7	5	16	25	17.9	57.1	(10.7; 42.9)	(3.7; 32.1)	(39.3; 75)

**8.4.2 Relative Häufigkeiten – Tabelle für Vergleich mit anderen Studien**

Zahn	Position	N	Anteil in % der Zähne, die in Sinus ragen
1. Prämolare	bukkal	70	2.9
1. Prämolare	palatinal	52	1.9
2. Prämolare	bukkal	66	12.2
2. Prämolare	palatinal	20	0.0
1. Molare	mesiobukkal	70	30.4
1. Molare	palatinal	71	35.5
1. Molare	distobukkal	70	68.4
2. Molare	mesiobukkal	66	40.5
2. Molare	palatinal	69	23.2
2. Molare	distobukkal	61	27.7

**8.4.3 Zusammenhang der Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden und zum Geschlecht?**

Zahn	Wurzel	N_Frauen	N_Männer	p-Wert
17	mb	20	16	0.773
17	p	20	16	0.074
17	db	17	16	0.655
16	mb	22	16	0.350
16	p	22	16	0.944
16	db	21	16	0.326
15	b	21	13	0.262
15	p	6	5	0.887
14	b	18	17	0.325
14	p	14	12	0.112
24	b	19	16	0.362
24	p	13	13	0.593
25	b	17	15	0.479
25	p	5	4	0.858
26	mb	17	15	0.306
26	p	18	15	0.137
26	db	18	15	0.511
27	mb	19	11	0.395
27	p	20	13	0.622
27	db	15	13	0.904

**mb** = mesiobukkal**db** = distobukkal**p** = palatinal**b** = bukkal

**8.4.4 Zusammenhang der Relation von Zahnwurzeln zum Sinusboden und Alter**

<b>Zahn</b>	<b>Wurzel</b>	<b>N</b>	<b>p-Wert</b>
17	mb	36	0.060
17	p	36	0.807
17	db	33	0.683
16	mb	38	0.883
16	p	38	0.669
16	db	37	0.245
15	b	34	0.230
15	p	11	0.239
14	b	35	0.262
14	p	26	0.501
24	b	35	0.748
24	p	26	0.490
25	b	32	0.082
25	p	9	0.242
26	mb	32	0.990
26	p	33	0.223
26	db	33	0.720
27	mb	30	0.430
27	p	33	0.100
27	db	28	0.315

**mb** = mesiobukkal

**db** = distobukkal

**p** = palatinal

**b** = bukkal

## 8.5 Lokalisation der Zahnapices in Bezug auf die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris

### 8.5.1 Deskriptive Statistik – Distanz Zahnapex zum Sinusboden

Zahn	Position	N total	davon in Gruppe 1	davon in Gruppe 2 und 3	Durchschnittlicher Abstand in mm (nur Gruppe 2, 3)
1.Inzisivus		73	0	73	8.0
2.Inzisivus		74	0	74	7.9
Caninus		72	0	72	5.8
1. Prämolare	bukkal	70	2	68	7.8
1. Prämolare	palatinal	52	1	51	6.7
2. Prämolare	bukkal	66	8	58	4.1
2. Prämolare	palatinal	20	0	20	5.5
1. Molare	mesiobukkal	70	21	49	2.7
1. Molare	palatinal	71	25	46	3.0
1. Molare	distobukkal	70	24	46	2.6
2. Molare	mesiobukkal	66	27	39	2.2
2. Molare	palatinal	69	16	53	3.0
2. Molare	distobukkal	61	17	54	2.3

**8.5.2 Zusammenhang von Distanz Zahnapex – Sinusboden und Geschlecht**

<b>Zahn</b>	<b>Wurzel</b>	<b>N_Frauen</b>	<b>N_Männer</b>	<b>p-Wert</b>
17	mb	20	16	0.936
17	p	20	16	0.291
17	db	17	16	0.943
16	mb	22	16	0.748
16	p	22	16	0.347
16	db	21	16	0.726
15	b	21	13	0.966
15	p	6	5	0.782
14	b	18	17	0.244
14	p	14	12	0.205
13		17	19	0.067
12		21	16	0.395
11		21	17	0.485
21		22	13	0.577
22		21	16	0.799
23		20	16	0.267
24	b	19	16	0.956
24	p	13	13	0.780
25	b	17	15	0.390
25	p	5	4	0.272
26	mb	17	15	0.893
26	p	18	15	0.832
26	db	18	15	0.866
27	mb	19	11	0.580
27	p	20	13	0.859
27	db	15	13	0.784

**mb** = mesiobukkal**db** = distobukkal**p** = palatinal**b** = bukkal

### 8.5.3 Zusammenhang von Distanz Zahnapex – Sinusboden und Alter

Zahn	Wurzel	N	p-Wert	Korr.koeff.
17	mb	36	0.248	0.198
17	p	36	0.791	0.046
17	db	33	0.561	0.105
16	mb	38	0.363	0.152
16	p	38	0.514	0.109
16	db	37	0.330	0.165
15	b	34	0.241	0.207
15	p	11	0.759	0.105
14	b	36	0.209	0.218
14	p	26	0.524	0.131
13		36	0.040	0.344
12		37	0.324	0.167
11		38	0.650	0.076
21		35	0.412	0.143
22		37	0.086	0.286
23		36	0.088	0.289
24	b	36	0.009	0.433
24	p	26	0.032	0.421
25	b	32	0.073	0.321
25	p	9	0.898	-0.050
26	mb	32	0.780	-0.051
26	p	33	0.384	-0.157
26	db	33	0.576	-0.101
27	mb	30	0.554	0.112
27	p	33	0.110	-0.283
27	db	28	0.775	0.057

**mb** = mesiobukkal

**db** = distobukkal

**p** = palatinal

**b** = bukkal

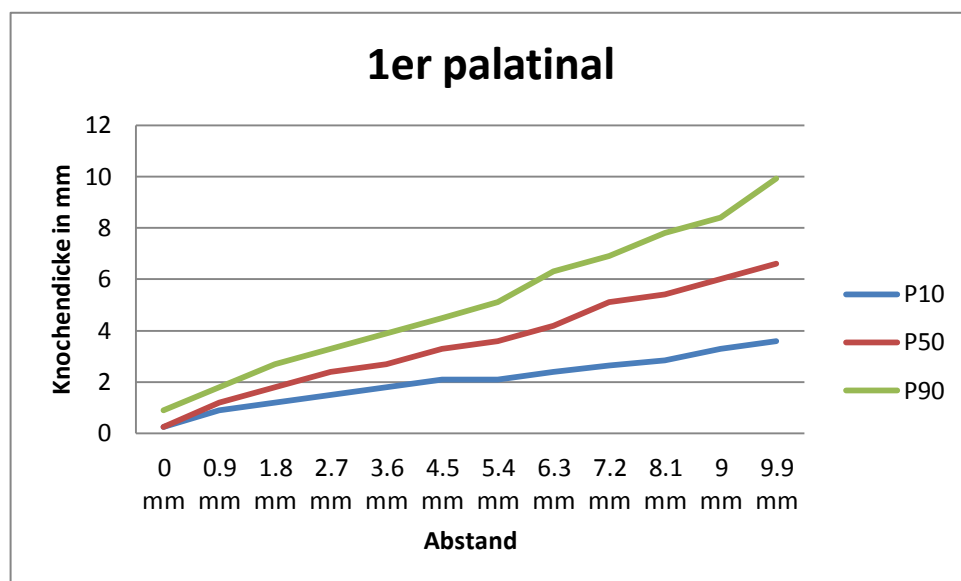
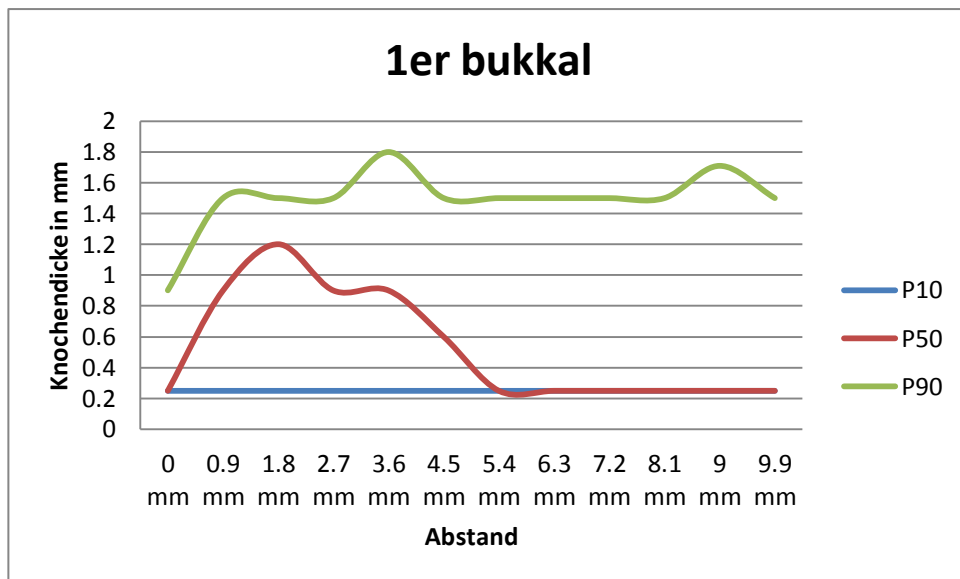
## 8.6 Horizontaler Knochenverlauf bukkal und palatinal jedes einzelnen Zahntypus

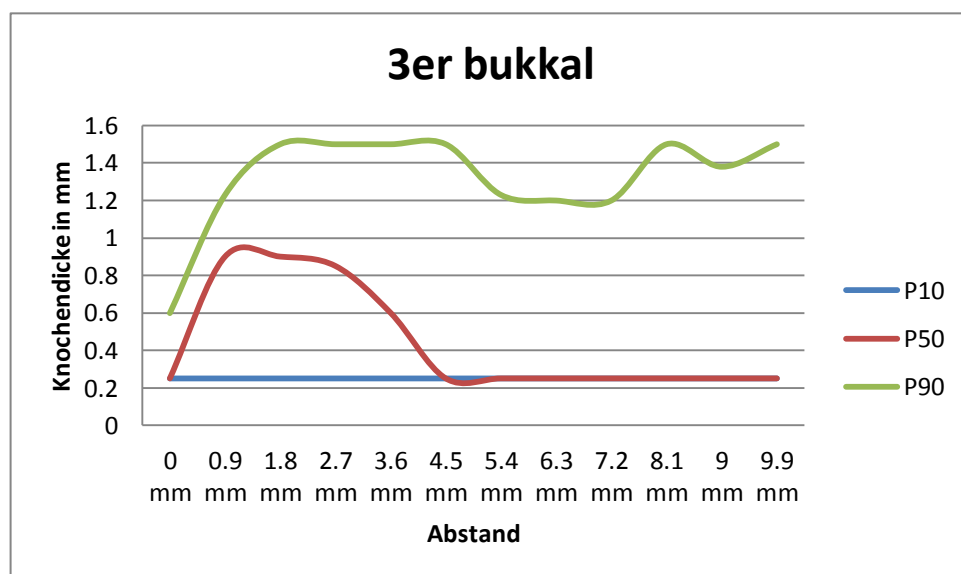
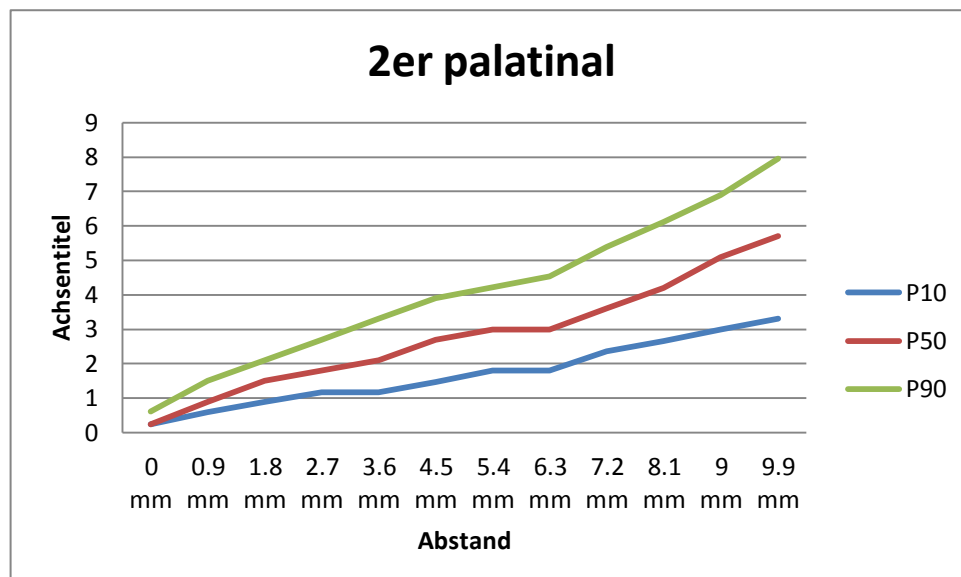
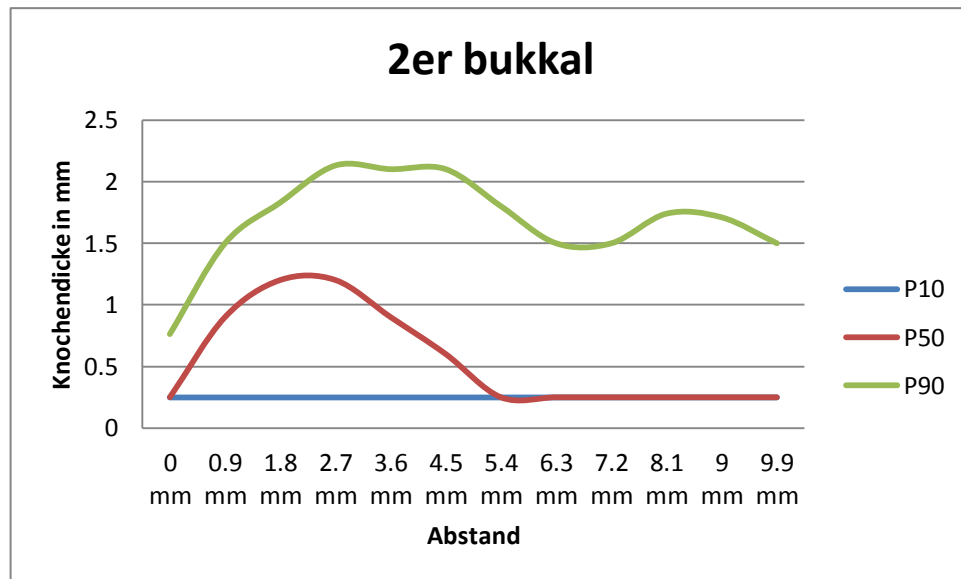
### 8.6.1 Deskriptive Statistik

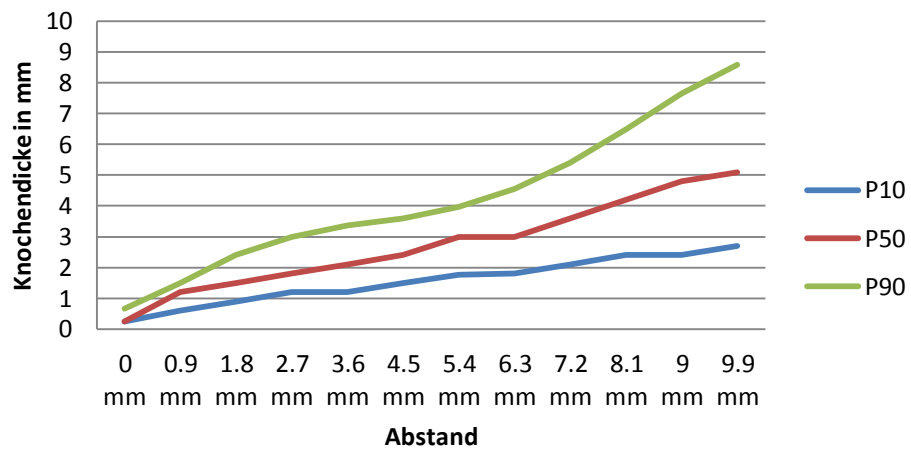
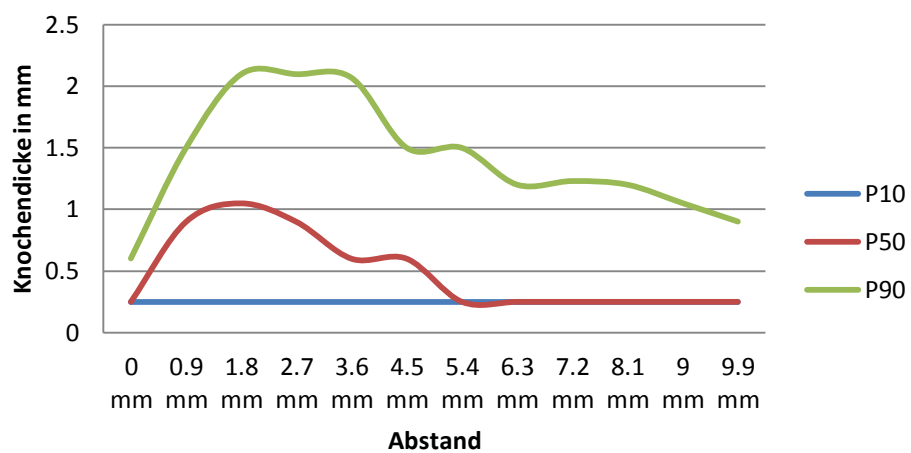
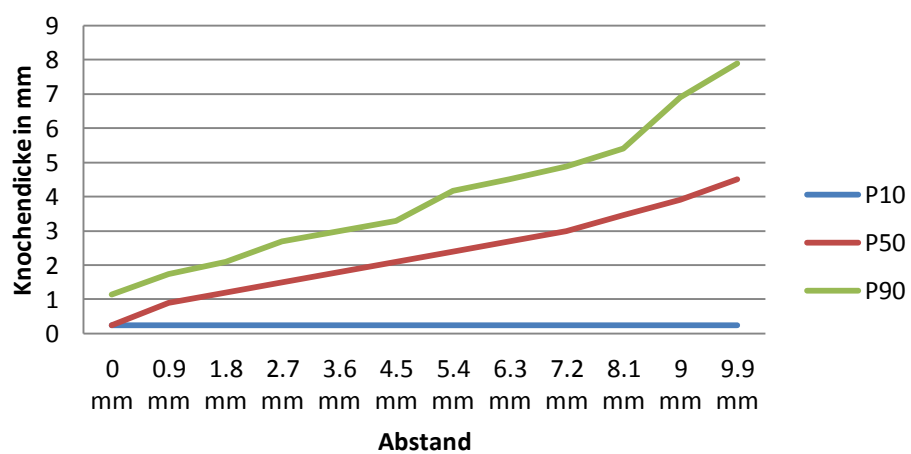
Untersuchter Wert	N	Mean	SD	95% CI	Min	Max
1er bukkal	72	0.73	0.6	(0.69; 0.77)	0.25	3.0
1er palatinal	76	3.42	2.2	(3.28; 3.57)	0.25	12.6
2er bukkal	74	0.76	0.6	(0.72; 0.81)	0.25	3.6
2er palatinal	77	2.77	1.8	(2.65; 2.89)	0.25	11.4
3er bukkal	77	0.62	0.6	(0.58; 0.65)	0.25	5.4
3er palatinal	77	2.82	1.9	(2.70; 2.95)	0.25	14.7
4er bukkal	66	0.66	0.6	(0.62; 0.70)	0.25	3.0
4er palatinal	66	2.17	1.8	(2.05; 2.29)	0.25	11.4
5er bukkal	60	1.58	0.9	(1.51; 1.65)	0.25	6.3
5er palatinal	58	2.51	1.6	(2.39; 2.63)	0.25	8.7
6er bukkal	64	1.36	1.2	(1.28; 1.44)	0.25	7.2
6er palatinal	66	1.11	0.8	(1.05; 1.17)	0.25	6.6
7ner bukkal	58	2.08	1.3	(1.99; 2.18)	0.25	7.5
7ner palatinal	64	1.48	1.0	(1.41; 1.55)	0.25	8.4

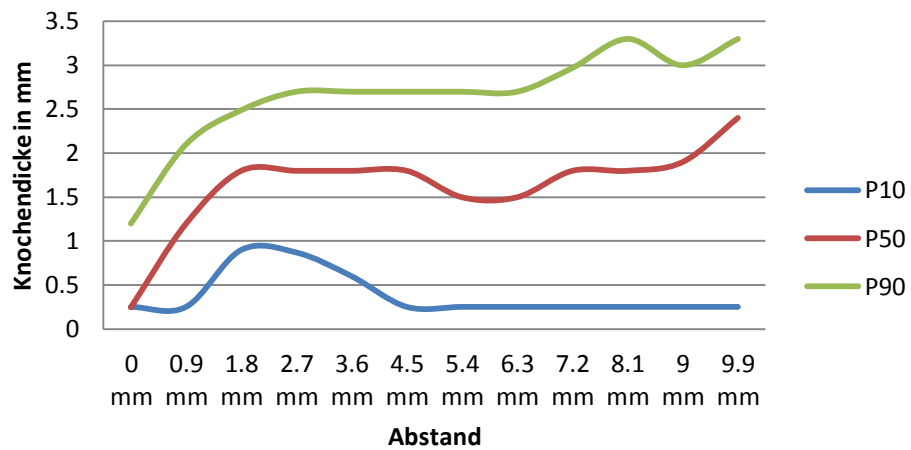
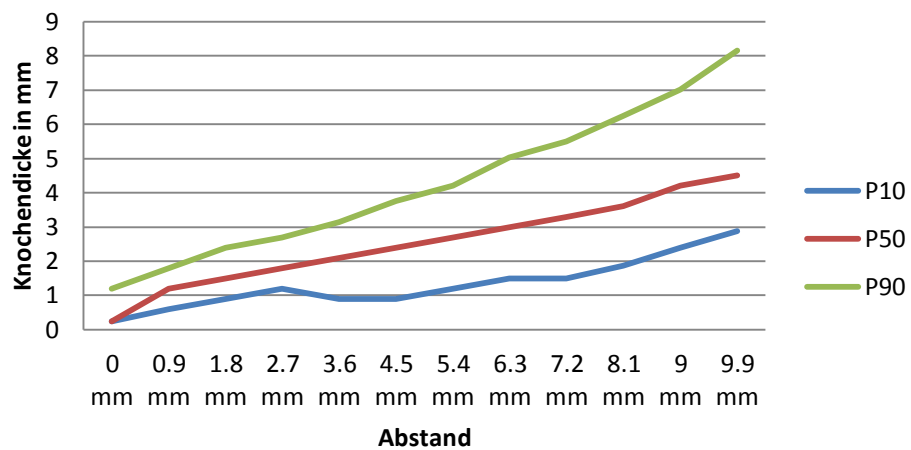
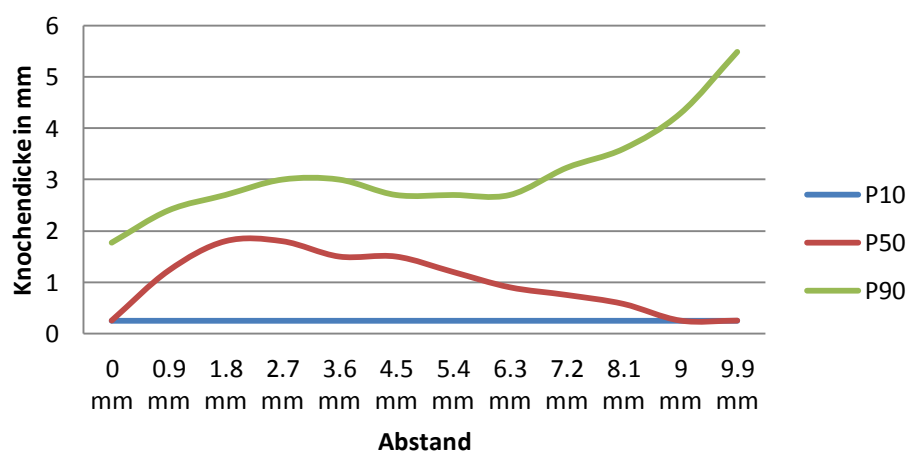


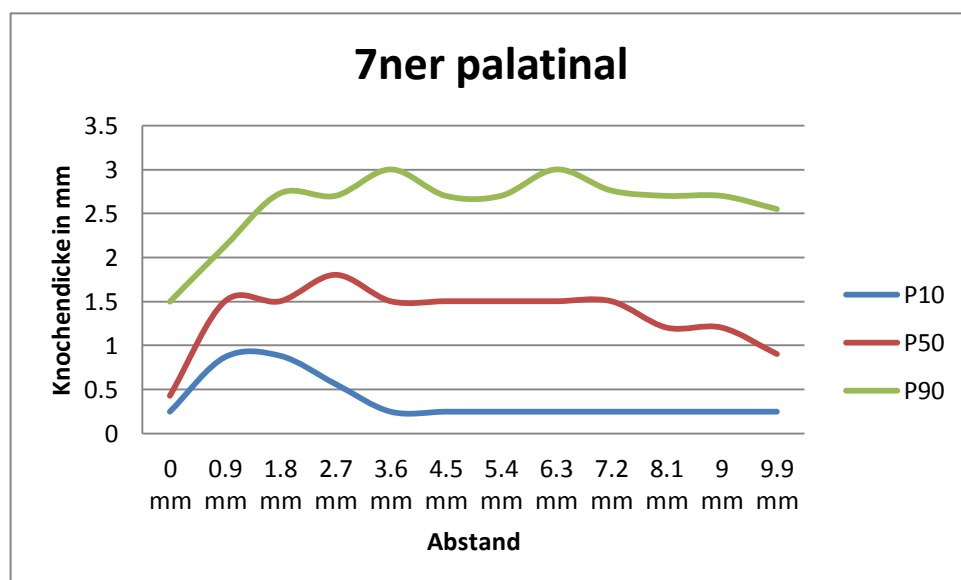
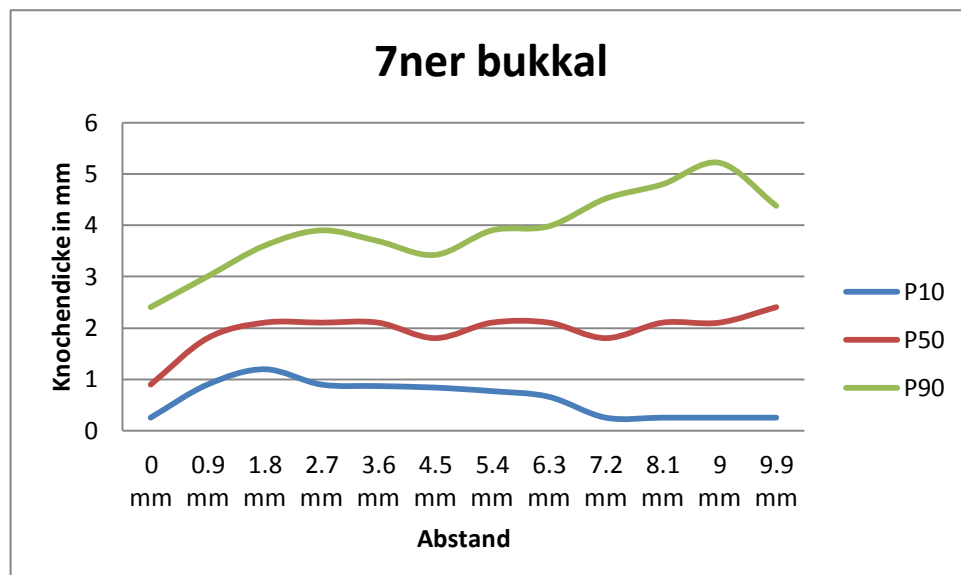
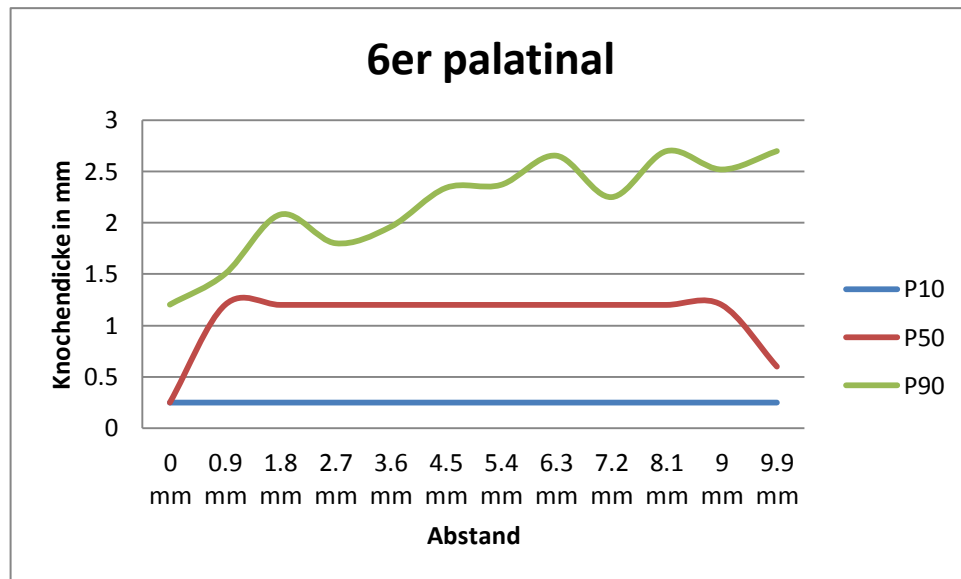
### 8.6.2 Beschreibung des Knochenverlaufs





**3er palatinal****4er bukkal****4er palatinal**

**5er bukkal****5er palatinal****6er bukkal**



### 8.6.3 Beschreibung des Knochenverlaufs im Zusammenhang mit Geschlecht und Alter

1er	bukkal			palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	0.840	<0.001	(0.460; 1.230)	-0.530	0.176	(-1.310; 0.250)
Abst.	0.060	<0.001	(0.030; 0.096)	0.590	<0.001	(0.530; 0.660)
Abst.2	-0.010	<0.001	(-0.012; 0.005)	-0.001	0.967	(-0.007; 0.007)
Alter	-0.003	0.532	(-0.010; 0.005)	0.020	0.120	(0.005; 0.037)
Geschlecht	-0.110	0.423	(-0.370; 0.160)	0.720	0.010	(0.180; 1.260)
2er	bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	0.680	<0.001	(0.330; 1.020)	-0.170	0.625	(-0.880; 0.540)
Abst.	0.090	<0.001	(0.050; 1.130)	0.400	<0.001	(0.340; 0.470)
Abst.2	-0.010	<0.001	(-0.020; -0.010)	0.007	0.022	(0.001; 0.013)
Alter	0.001	0.623	(-0.005; 0.009)	0.013	0.082	(-0.002; 0.030)
Geschlecht	-0.009	0.942	(-0.250; 0.230)	0.590	0.019	(0.100; 1.080)
3er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	0.490	0.080	(0.140; 0.840)	0.200	0.611	(-0.580; 0.980)
Abst.	0.055	0.030	(0.020; 0.090)	0.370	<0.001	(0.300; 0.450)
Abst.2	-0.007	<0.001	(-0.010; -0.003)	0.010	0.007	(0.003; 0.017)
Alter	0.002	0.625	(-0.005; 0.009)	0.003	0.762	(-0.014; 0.019)
Geschlecht	0.054	0.634	(-0.180; 0.290)	0.730	0.007	(0.210; 1.250)
4er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	1.015	<0.001	(0.720; 1.310)	0.450	0.383	(-0.590; 1.490)
Abst.	0.066	0.001	(0.030; 0.100)	0.250	<0.001	(0.170; 0.330)
Abst.2	-0.012	<0.001	(-0.016; -0.008)	0.011	0.005	(0.003; 0.019)
Alter	-0.010	0.002	(-0.016; -0.004)	0.004	0.735	(-0.018; 0.026)
Geschlecht	0.210	0.410	(0.009; 0.410)	0.240	0.543	(-0.490; 0.920)
5er	bukkal			palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	1.630	<0.001	(1.100; 2.160)	0.82	0.06	(-0.035; 1.670)
Abst.	0.260	<0.001	(0.190; 0.320)	0.32	<0.001	(0.250; 0.390)
Abst.2	-0.020	<0.001	(-0.027; -0.014)	0.01	0.003	(0.004; 0.018)
Alter	-0.020	0.002	(-0.032; -0.008)	0.003	0.712	(-0.016; 0.023)
Geschlecht	0.230	0.177	(-0.110; 0.570)	-0.36	0.192	(-0.920; 0.190)

6er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	2.210	<0.001	(1.370; 3.047)	0.72	0.024	(0.098; 1.340)
Abst.	0.100	0.002	(0.036; 0.164)	0.12	<0.001	(0.073; 0.170)
Abst.2	-0.007	0.038	(-0.014; -0.001)	-0.007	0.004	(-0.012; -0.002)
Alter	-0.020	0.023	(-0.038; -0.030)	0.0038	0.547	(-0.009; 0.016)
Geschlecht	-0.796	0.006	(-1.350; -0.240)	-0.177	0.396	(-0.590; 0.240)
7er	Bukkal			Palatinal		
	Schätzung	p-Wert	95%CI	Schätzung	p-Wert	95% CI
Const.	2.150	0	(1.170; 3.140)	0.34	0.296	(-0.312; 0.996)
Abst.	0.240	0	(0.160; 0.310)	0.26	<0.001	(0.197; 0.320)
Abst.2	-0.015	0	(-0.023; -0.007)	-0.025	<0.001	(-0.030; -0.020)
Alter	-0.018	0.84	(-0.038; 0.003)	0.02	0.006	(0.006; 0.033)
Geschlecht	0.080	0.81	(-0.600; 0.760)	-0.21	0.361	(-0.660; 0.250)

Geschlecht 0= weiblich, 1= männlich